



BACHELORARBEIT

Herr
Stefan Graf

**Inwieweit ist die Einführung
der Ultra HD Blu-Ray ange-
sichts Video-on-Demand ge-
rechtfertigt und welche
technischen und organisatori-
schen Herausforderungen
bringt die neue Scheibe mit
sich?**

BACHELORARBEIT

**Inwieweit ist die Einführung
der Ultra HD Blu-Ray ange-
sichts Video-on-Demand ge-
rechtfertigt und welche
technischen und organisatori-
schen Herausforderungen
bringt die neue Scheibe mit
sich?**

Autor:
Herr Stefan Graf

Studiengang:
Medientechnik

Seminargruppe:
MT11wD-B

Erstprüfer:
Prof. Hans-Joachim Götz

Zweitprüfer:
Dipl.-Inf. Robert Knauf

Einreichung:
Döbeln, 08.01.2016

BACHELOR THESIS

**To what extent is the launch of
the Ultra HD Blu-Ray justified
in the light of Video-on-
Demand? What technological
and organizational challenges
does the new disc imply?**

author:
Mr. Stefan Graf

course of studies:
Medientechnik

seminar group:
MT11wD-B

first examiner:
Prof. Hans-Joachim Götz

second examiner:
Dipl.-Inf. Robert Knauf

submission:
Döbeln, 08.01.2016

Bibliografische Angaben

Graf, Stefan

Inwieweit ist die Einführung der Ultra HD Blu-Ray angesichts Video-on-Demand gerechtfertigt und welche technischen und organisatorischen Herausforderungen bringt die neue Scheibe mit sich?

To what extent is the launch of the Ultra HD Blu-Ray justified in the light of Video-on-Demand? What technological and organizational challenges does the new disc imply?

53 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2016

Abstract

Ultra HD spielt im Kino und bei Kameras schon länger eine Rolle. Jetzt will die Blu-Ray Disc Association mit dem neuen Standard die Wohnzimmer erobern und bringt 2016 die Ultra HD Blu-Ray auf den Markt. Neben einer erweiterten technischen Funktionsweise bringt die neue Disc viele Herausforderungen und großes Potential mit sich. Für Konsumenten stellt sich die Frage, ob sich die notwendigen Neuanschaffungen lohnen oder ob das Erfolgsmodell Video-on-Demand nicht eine bessere Alternative für 4K-Inhalte darstellt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	X
1 Einleitung.....	1
1.1 Zielstellung der Arbeit	1
1.2 Exkurs: 20 Jahre DVD und das Streben nach digitaler Auflösung	2
2 4K: Der Stand der Dinge	7
2.1 Eigenschaften von UHD(TV)	7
2.2 Einführung in Deutschland	9
2.3 Erste UHD-Testläufe	12
3 DVD, Full- und UHD aus technischer Sicht	14
3.1 Aufbau und Funktion der DVD.....	14
3.2 Die Blu-Ray	16
3.2.1 Eigenschaften	16
3.2.2 Kompression mit H.264.....	18
3.2.3 Sony's Brücke zu UHD: Mastering in 4K	19
3.3 Die neue UHD-Scheibe	20
3.3.1 Lizenzsion 2015	20
3.3.2 Aufbau und Speichergrößen	21
3.3.3 Datenraten	23
3.3.4 Kompression mit H.265/HEVC	25
3.3.5 High Dynamic Range	27
3.3.6 Audio	30
4 Der VoD-Markt in Deutschland	32
4.1 Geschäftsmodelle und allgemeines.....	32
4.2 Aktuelle Marktsituation	36
4.3 VoD und 4K.....	37
4.3.1 Youtube	38
4.3.2 Amazon Video.....	40
4.3.3 Netflix.....	41

5 Herausforderung und Potential für Konsumenten von UHD-Datenträgern im Umfeld von Video-on-Demand	43
5.1 Mehrwert "Digitale Brücke" am Beispiel "Ultraviolet"	43
5.2 Kosten durch neue Endgeräte.....	46
5.3 Pro und Contra: Erfolgsaussichten der Ultra HD Blu-Ray in Bezug auf VoD?	
6 Fazit.....	52
Literaturverzeichnis	XI
Eigenständigkeitserklärung	XVII

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BD	Blu-Ray-Disc
BDA	Blu-Ray Disc Association
BDXL	Erweiterte Version der Blu-Ray
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CD	Compact Disc
DVD	Digital Versatile Disc
EBU	Europäische Rundfunkunion
fps.	Frames per second, Bilder pro Sekunde
GB	Gigabyte
HEVC	High Efficiency Video Coding
HD-DVD	High Density Digital Versatile Disc
HD(TV)	High Definition (Television)
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HDR	High Dynamic Range
HFR	High Frame Rate
ITU	International Communication Union, Internationale Fernmeldeunion

Kbit/s	Kilobit pro Sekunde
MB	Megabyte
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
MPEG	Moving Picture Experts Group
NTSC	National Television System Committee
PAL	Phase Alternating Line
PC	Personal Computer
RGB	Rot Grün Blau
S.	Seite
SD	Standard Definition
SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers; Internationaler Verband der Bewegungsbildindustrie
SVCD	Super Video Compact Disc
UV	Ultraviolett
VCD	Video Compact Disc
vgl.	vergleiche
VHS	Video Home System
VoD	Video-on-Demand
UHD(TV)	Ultra High Definition (Television)
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

<u>Seite 7:</u>	Von der ITU festgelegter Farbraum nach BT.2020 für UHDTV
<u>Seite 10:</u>	Vorschlag von DVB und EBU zur Einführung von UHD in Phasen
<u>Seite 16:</u>	Datenschichten und Laser von CD, DVD und Blu-Ray im Vergleich
<u>Seite 16:</u>	Alle Blu-Ray Disc-Typen im Überblick
<u>Seite 19:</u>	Offizielles Logo der BDA für die Ultra HD Blu-Ray
<u>Seite 19:</u>	Cover von Sony
<u>Seite 21:</u>	Aufbau einer Ultra HD Blu-Ray mit Triple-Layer-Struktur
<u>Seite 22:</u>	Tiefgreifendere opt. und mech. Parameter der 66/100 GB Versionen
<u>Seite 24:</u>	Datenübertragungsraten Low, Default und High im Vergleich
<u>Seite 25:</u>	Unterstützte Daten- und Bildwiederholungsraten von HEVC und MPEG-4/AVC im Vergleich
<u>Seite 27:</u>	Anpassung mit nur 8 Bit
<u>Seite 27:</u>	Optimale Anpassung mit 12 Bit
<u>Seite 28:</u>	Realsierung von HDR mit Belichtungsreihen
<u>Seite 29:</u>	HDR-Kompatibilitätsüberblick von Sony
<u>Seite 30:</u>	Acht Soundsysteme hat die BDA für die UHD Blu-Ray lizenziert
<u>Seite 34:</u>	Übersicht aller VoD-Geschäftsmodelle
<u>Seite 36:</u>	Goldmedia-Umfrage zur VoD-Nutzung
<u>Seite 38:</u>	Trailer von Star Wars 7 in 2160p
<u>Seite 44:</u>	Beispielhaftes Schema zur digitalen Brücke für die UHD Blu-Ray
<u>Seite 48:</u>	Übersicht der Umsätze von VHS, DVD, Blu-Ray und Digital
<u>Seite 50:</u>	Die für UHD benötigten 50 Mbit/s-Leitungen sind längst nicht flächendeckend verfügbar

Tabellenverzeichnis

Seite 13-14: Vergleich technischer Parameter von CD und DVD

1 Einleitung

1.1 Zielstellung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit untersucht die Ultra HD Blu-Ray, die 2016 als neues physisches Medium eingeführt wird und den neuen Standard Ultra HD mit der Auflösung von 3840 x 2160 (4K) unterstützt. Technische und organisatorische Aspekte des neuen Datenträgers werden untersucht. Es soll deutlich gemacht werden, welche Herausforderungen auf Konsumenten zukommen und von welchem Potential der Scheibe diese gleichzeitig profitieren können. Um dieses Potential zu erkennen, muss die Funktionsweise der Ultra HD Blu-Ray analysiert werden. Da der technische Aufbau auf die Blu-Ray und die DVD zurückführt, werden auch diese Medien samt Arbeitsprinzip im dritten Kapitel vorgestellt. Der Ultra HD Blu-Ray geht zudem der Standard Ultra HD (UHD) voraus. Da diese Thematik einen hohen Aktualitätsgehalt besitzt, widmet sich die Bachelorarbeit im zweiten Kapitel dem Stand der Dinge von Ultra HD. Damit kann der Leser einordnen, mit welchem Stadium des UHD-Fortschritts sich die Arbeit auseinandersetzt. Abgerundet wird die Analyse des neuen Datenträgers mit einem kleinen Exkurs zur digitalen Auflösung im DVD-Zeitalter.

Darüber hinaus stellt sich die Frage nach den Chancen der Ultra HD Blu-Ray im Hinblick auf alternative Vertriebswege wie Video-on-Demand. VoD-Anbieter haben bereits Inhalte mit 4K-Auflösung im Angebot und befinden sich in Deutschland im unmittelbaren Konkurrenzkampf um neue Kunden. Onlinestreaming bietet als jüngster Vertriebsweg sehr viele Möglichkeiten und erleichtert das Handling bei der Film- und Serienwiedergabe ungemein. Wie 4K in Verbindung mit VoD funktioniert wird in der Arbeit anhand von drei Beispielen veranschaulicht. Ebenso wie aktuelle Markttendenzen bezüglich der Umsätze von physischen Datenträgern und Online-Angeboten. Zum Schluss werden die Vertriebswege Ultra HD Blu-Ray und Video-on-Demand enger gegenübergestellt, wobei der Fokus intensiver auf die Ultra HD Blu-Ray gerichtet ist, da diese den Kern der Arbeit ausmacht. In der Gegenüberstellung spielen Vor- und Nachteile beider Video-Vertriebswege eine große Rolle. Im Fazit erhält der Leser Antworten auf die gestellte Forschungsfrage anhand der vorausgehenden Analyse der Ultra HD Blu-Ray und von Video-on-Demand im Hinblick auf 4K.

1.2 Exkurs: 20 Jahre DVD und das Streben nach digitaler Auflösung

Anfang der 80er Jahre brachte die Firma JVC mit ihrem Video Home System das erste massentaugliche Kassettensystem für den Hausgebrauch auf den Markt, das sich über 20 Jahre in Deutschland durchsetzen sollte. Das analoge System beruht auf einem 1/2-Zoll breitem Magnetband, das sich in einer Kassette um Schreib- und Leseköpfe bewegt. Der dazu entwickelte Videorekorder diente zum Abspielen und Aufzeichnen von Bewegtbildern. Besonders die oft genutzte Funktion der Videoaufzeichnung hatte zu VHS-Zeiten einen hohen Stellenwert in privaten Haushalten. Konsumenten waren dadurch nicht mehr strikt an lineares Fernsehprogramm gebunden, sondern konnten sich gezielt Lieblingsangebote herauspicken und archivieren. Die Industrie nahm das zur Kenntnis und veröffentlichte Spielfilme auf dem sich durchsetzenden VHS-Format. Aus dieser Zeit heraus entsprangen auch Verleihmärkte in Form von Videotheken, da die Videokassetten der Filmstudios im Vergleich zu eigenen Mitschnitten von Spielfilmen relativ teuer waren.

Den Grundstein zum Heimkino für jedermann legte allerdings erst die Digitalisierung der Video-Speichermedien. Zunächst nahm man die Langspielplatte zum Vorbild. 1972 veröffentlichte Philips ein erstes laseroptisches Wiedergabesystem, doch die Markteinführung der heute bekannten Laserdisc dauerte noch bis 1981 an.¹ In diesem Jahr feierte die Compact Disc, kurz CD genannt, ihre offizielle Markteinführung und setzte sich endgültig gegen die parallel vertriebenen Langspielplatten durch. In Kooperation von Philips und Sony wurde im besagten Jahr der Grundstein für die Digitalisierung von Speichermedien gelegt. Den damals festgelegten Durchmesser von 12 Zentimeter und das restliche optische Erscheinungsbild sollte die dünne Scheibe noch bis ins Blu-Ray-Zeitalter beibehalten. Hundertprozentig belegbar ist die Geschichte um die Ausmaße der CD nicht, diverse Quellen berichten übereinstimmend von folgendem Mythos: Der Durchmesser von 12 Zentimetern soll angeblich aus der maximalen Laufzeit von 74 Minuten resultieren. Aus Sony-Kreisen sei der Wunsch geäußert worden sein, die komplette 9. Sinfonie von Ludwig van Beethoven auf die Compact Disc abzuspeichern. Diese beträgt in einer besonderen Aufführungs-Version von 1951 exakt 74 Minuten.² Im Jahr 1982 führen Sony und Philips gemeinsam die Compact Disc Digital Audio ein. Bis 1988 wurden weltweit über 100 Millionen Audio-CDs verkauft.³ Die Funktionen der

¹Vgl. Rügheimer, Hannes aus: Digitaler Film - digitales Kino, 2004, S. 310/311

² Vgl. Sokolow, Andrej: <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/30-jahre-musik-cd-vom-goldesel-zum-auslaufmodell-a-757347.html>, Abruf: 03.11.2015

³ Vgl. Müller, Valentin: HS Mittweida, 2008, S.11

CD sollten aber noch weiter ausgeschöpft werden. Denn die runde Scheibe revolutionierte nicht nur die Musikindustrie, sondern wurde generell als Datenträger immer beliebter. Mit der CD-ROM wurde eine Daten-Variante eingeführt, die 650 MB bis zu 800 MB umfasst. Auch die Film- und Spielindustrie interessierte sich hinsichtlich solcher Speichermengen für die Compact Disc. Jedoch war der Speicherplatz für komplette Spielfilme noch zu gering. Aus diesem Grund beschlossen japanische Hersteller 1993 einen Standard für eine videofähige CD festzulegen. Mit MPEG-1 stand ein bereits in den 80er Jahren entwickeltes Komprimierungsverfahren zur Verfügung, das es ermöglichte, Filmmaterial auf einer normalen CD abzuspeichern und wiederzugeben. Dabei musste die Datenrate von Audio und Video bis auf 1,4 Mbit/s gedrosselt werden, damit der knappe Speicherplatz für einen Film ausreicht. Somit konnte auf einer handelsüblichen Compact Disc mit 700 MB Speicherplatz ein 80-minütiger Film untergebracht werden. Die Qualität der MPEG-1-Kompression war allerdings eher auf Niveau der VHS-Kassette und reichte den Herstellern nicht für eine marktfähige Produktion. Da nach nur 80 Minuten Film Schluss ist, konnte auch die Filmindustrie nicht viel mit der VCD anfangen, denn 90- oder 140-minütige Blockbuster würden einen Datenträgerwechsel erfordern. Der fehlende Kopierschutz erleichterte die illegale Weiterverbreitung der VCD, weshalb vor allem im asiatischen Raum ein großer Schwarzmarkt entstand. Auch im Privatgebrauch war die VCD aufgrund der günstigen Rohling-Preise und der im Gegensatz zur VHS robusteren Bauform sehr beliebt. Die geringe Bildauflösung von 352 x 288 Pixeln bei 25 Bildern pro Sekunde schien die Nutzer nicht zu stören, da viele der Datenträger offensichtlich auf dem Computer konsumiert wurden. Auch Menüs und Kapitel lassen sich auf einer VCD anlegen. Die Moving Pictures Experts Group (MPEG) entwickelte 1994 mit MPEG-2 einen ausgereifteren Kompressionsstandard, der eine viel höhere Datenrate zulässt. Die sogenannte SVCD war geboren. Mit einer Pixeldichte von 480 x 576 konnte zum ersten Mal eine bessere Bildqualität als die der VHS-Kassette erreicht werden. Maximal 2,6 Mbit/s Datenrate waren auf einer SVCD möglich, allerdings liegt der mögliche Speicher mit 35 bis 55 Minuten Filmmaterial noch unter dem der ⁴VCD. Die SVCD konnte sich daher wie schon die VCD im offiziellen Markt nicht durchsetzen.

Das Problem der geringen Laufzeit der Compact Disc wollte die Filmindustrie nicht akzeptieren und forderte einen neuen Standard. Wie die CD für Musiktitel sollte es eine Scheibe geben, deren Eigenschaften konkret auf Videos zugeschnitten sind und somit alle Anforderungen erfüllen kann. Eine Kommission bestehend aus sieben Studios der US-Filmindustrie stellte 1994 einen Katalog zusammen, in dem alle gestellten Anforderungen an das Nachfolgemedium der CD festgehalten wurden:

⁴ Vgl. Siegel, Melanie: HS Mittweida, 2008, S. 26

- Laufzeit: Um auch lange Blockbuster vermarkten zu können, muss pro Datenträgerseite Platz für 135 Minuten Film sein
- Bildqualität: Damit der Bildunterschied qualitativ deutlich wird, muss mindestens der Standard von der internationalen Fernmeldeunion (ITU) BT.601 erfüllt sein. Dieser beschreibt die Fernsehstandards PAL und NTSC
- Audio: Kinofilme beinhalten u.a. auch Mehrkanalton. Deshalb muss zumindest Stereo auf die Scheibe abgespeichert werden können. Tonsysteme mit sechs und mehr Kanälen sollten eingeplant werden
- Sprachen: Filme müssen in drei bis fünf Tonspuren abspielbar sein
- Kopierschutz: Um einen großen Schwarzmarkt wie bei der VCD zu verhindern, muss ein sicherer Kopierschutz entwickelt werden
- Untertitel: Bis zu 30 Untertitel soll das Medium umfassen
- Bildformat: Neben dem altbekannten 4:3 muss auch das kinoähnliche 16:9-Format korrekt wiedergegeben werden können
- Sonstiges: Der Datenträger sollte auch ein Menü fassen können, zudem spielt das Thema Jugendschutz eine Rolle

Nun war die Elektronikindustrie gefragt, alle von den US-Studios geforderten Eigenschaften auf ein physisches Medium unterzubringen. Der Weg zum finalen Speichermedium erwies sich als noch etwas holprig, da zunächst zwei Formate entwickelt wurden. Sony und Philips arbeiteten an Formatspezifikationen für die Multimedia-CD (MMCD), die im Dezember 1994 vorgestellt wurde. Parallel dazu riefen weitere namhafte Unternehmen wie Hitachi, Pioneer, Panasonic, Time Warner u.a. die Super-Disc (SD) ins Leben.⁵ Beide Systeme unterscheiden sich in Speichergröße und Beschreibbarkeit. Die MMCD fasste nur rund 3,4 GB und war nur einseitig beschreibbar. Die Super-Disc konnte 4,6 GB Daten aufnehmen und war doppelseitig beschreibbar. Unter dem Druck der Filmindustrie, die nur ein Format verbreiten wollte, gaben Sony und Philips mit ihrem Datenträger-Konzept nach und schlossen sich der "SD-Alliance" an. Im September 1995 gab es dann nur noch ein Format: *Die Digital Versatile Disc* (DVD). Die Namensgebung der neuen Scheibe hatte offiziell keine festgelegte Bedeutung. Das Kürzel beschreibt die DVD nicht primär als Video-Datenträger, son-

⁵ Vgl. Taylor, Jim: DVD Demystified, 2006, S.47

dern frei übersetzt als *digital beschriebene, verschiedenartig einsetzbare Scheibe*. Bevor die DVD in Massenproduktion gehen konnte, mussten noch die Fragen rund um den Kopierschutz, der Regionalcodes und der DVD-Versionen geklärt werden, um Hardware entsprechend auf die Disc ausrichten zu können. Die Entwicklung eines hochqualitativen Kopierschutzes dauerte noch über ein Jahr an. Erst Ende 1996 verlautete die Copy Protection Technical Working Group das "Content Scrambling System". Auch die von der Filmindustrie gewünschten länderabhängigen Regionalcodes konnten eingeführt werden. Damit erhoffte man sich Marktkontrolle. Zum einen ist durch Codes eine unterschiedliche Preispolitik möglich. Außerdem können auf diese Weise zeitlich versetzte Veröffentlichungen von Filmen geschützt werden. Somit kam es erst Anfang 1997 zu den ersten Vorstellungen von DVD-Playern in den USA und dem Vertrieb von Abspielgeräten ab 1998 in Europa. Die Preise siedelten sich zu diesem Zeitpunkt noch bei 1000 Dollar an. Den ersten Spielfilm hielt Hollywood 1997 mit "12 Monkeys" für Deutschland bereit, allerdings noch ganz ohne DVD-Menü und sonstigen Extras.⁶ Mit dem Aufkommen vieler neuer DVD-Formate und Rekordern für den Privatgebrauch stieg die Popularität der runden Scheibe immer weiter an. Die Umsätze verkaufter DVDs im Heimkinomarkt überstiegen zwischen 2001 und 2002 bereits die der Videokassette. Im Jahr 2006 wurden in Deutschland mehr als 100 Millionen Datenträger verkauft und mit 106,6 Millionen Exemplaren 2009 der Zenit der Verkaufszahlen erreicht.⁷ Ab 2007 wurden die ersten Blu-Rays in den Märkten angeboten, weshalb der Absatzschwund der DVD ab 2009 von logischer Natur ist. Bis heute (2015) waren die Absatzzahlen der DVD für die Blu-Ray nicht erreichbar.

Schon während der finanziell erfolgreichsten Zeit der DVD 2002 schloss sich eine Gruppe aus 17 Unternehmen (Pioneer, Panasonic, Philips, Sony u.a.) der Unterhaltungsindustrie zu den Blu-Ray-Disc Founders (BDF) zusammen. Zuvor initiierten Sony und Pioneer das Projekt DVD Blue, das sich damit beschäftigte Prototypen für einen weiterentwickelten Datenträger herzustellen, der die Bildqualität der DVD übertreffen konnte. Unter dem Namen Blu-Ray Disc Association (BDA) gewährten die bisher beteiligten Unternehmen weiteren Firmen Zutritt, um die 2002 vorgestellten Spezifikationen zu sichern und größeren Zuspruch für die Blu-Ray zu erhalten. Im Jahr 2003 verabschiedete die parallel zur BDA entstandene HD-DVD Promotion Group, die von Toshiba angeführt wurde, Spezifikationen für ein weiteres hochauflösendes Format. Beide Lager führten einen Formatkrieg und brachten beide Versionen der hochauflösenden Scheibe auf dem Markt. Ab 2005 gab es entsprechende Abspielgeräte für die HD-DVD

⁶ Vgl. Scheufens, Martin: <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/dvd-das-digitale-speichermedium-wird-20-a-1051997.html>, Abruf: 29.10.2015

und die Blu-Ray. Beide Formate sind zueinander inkompatibel. Konsumenten zeigten sich zu dieser Zeit verwirrt und zögerten mit dem Kauf von Geräten und Discs. Der Druck der Filmstudios stieg, da man aufgrund des Formatkrieges Umsatzeinbußen befürchtete. Sony's Blu-Ray hatte grundsätzlich mehr Akzeptanz in Form von Anhängern der BDA. Auch die 2005 erschienene Spielkonsole "Play Station 3" war in der Lage lediglich Blu-Ray's abzuspielen. Der große Erfolg der Konsole trug letztlich ebenfalls dazu bei, dass man sich gegen die HD-DVD entschied. Am 4. Januar 2008 gab Time Warner schließlich bekannt, keine weiteren Filme auf HD-DVD zu veröffentlichen. Dieser Tag besiegelte die Entscheidung zu Gunsten der Blu-Ray. Rund einen Monat später verkündete Toshiba das Ende der HD-DVD.

2 4K: Der Stand der Dinge

2.1 Eigenschaften von UHD(TV)

Mit dem zunehmenden Verlangen nach immer größeren Bildschirmdiagonalen wächst natürlich auch der Bedarf nach höheren Auflösungen, sprich mehr Pixeln in Höhe und Länge. Im Bereich der Fotografie hat der Pixelwahn mittlerweile ein Ende gefunden. Man hat sich dort nun auf andere Eigenschaften fixiert, die in neuen Kameramodellen ausgebaut werden. In der TV- und Filmindustrie ist das anders. Hier bestimmen die Auflösungen den Markt und die erforderliche Hardware schließlich das Kaufverhalten der Konsumenten. Aktuell dominiert noch High Definition die Wohnzimmer der Deutschen und das wird auch noch eine Zeit lang so bleiben. Der maximale Pixelwert von 1920 x 1080 bleibt bisher nur dem Bezahlfernsehen vorenthalten. Die Öffentlich-Rechtlichen in Deutschland setzen nach wie vor auf das 720p-Vollbildsignal, was "nur" HD ready entspricht. Bis zum Ultra HD-Regelbetrieb ist es also noch ein langer und steiniger Weg. Dieser ist bislang noch nicht vollständig beschrieben, doch nichts desto trotz sind die Eigenschaften des neuen Formats schon gegeben.

Ultra HD wurde von einem japanischen Forschungszentrum des öffentlich-rechtlichen Programms aus Japan, dem NHK Science & Technology Research Laboratories, mit zwei Auflösungsvarianten vorgeschlagen:⁸

- 3.840 x 2.160 Pixel (sog. 4K-Format)
- 7.680 x 4.320 Pixel (sog. 8K-Format)

Eigentlich beträgt die offizielle 4K-Auflösung 4096x2160 Pixel. Diese Angabe stammt aus dem Kino, da viele digitale Kamerasysteme mit der genannten Auflösung arbeiten und nicht dem TV-Seitenverhältnis entsprechen. Das Pixelformat 3.840x2.160 ist die genaue Vervierfachung des Full-HD-Formats mit 1920x1080 Pixeln, hochgerechnet auf ein Bildverhältnis von 16:9, was dem gängigen TV-Format entspricht. Die Abkürzungen 4K und 8K stehen in Anlehnung an die Anzahl der Pixel in der Breite mit circa 4000 bzw. 8000. In Japan wird 8K von der NHK auch als Super-Hi-Vision bezeichnet. Die Vorschläge der NHK wurden weltweit aufgenommen und bestimmen daher die technischen Anforderungen aller Hardware die mit Ultra High Definition in Verbindung tritt. Weitere Standardisierungsmaßnahmen folgen durch die International

⁸ Vgl. WHITE BOOK Beyond HD: Deutsche TV-Plattform, S. 22

Telecommunication Union (ITU) in enger Zusammenarbeit mit der Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE). Beide Einrichtungen beschäftigen sich mit tiefgreifenderen technischen Eigenschaften von UHD. Die SMPTE spezifizierte darüber hinaus beide Auflösungen in zwei Systeme. 4K wurde UHDTV1 und 8K UHDTV2 zugeordnet. Dazu legte die SMPTE weitere wichtige Eigenschaften vor:⁹

- Abtastraster: orthogonal
- Pixel-Seitenverhältnis: 1:1 (quadratische Pixel)
- Bild-Seitenverhältnis: 16:9
- Bildwiederholfrequenz [Hz]: 24, 24/1.001, 25, 30, 30, 30/1.001, 50, 60, 60/1.001
- Abtastverhältnis: 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0
- Bittiefe [Bit/Pixel]: 10, 12

Die Internationale Fernmeldeunion (ITU) ist u.a. dafür zuständig neue Farbräume zu definieren.

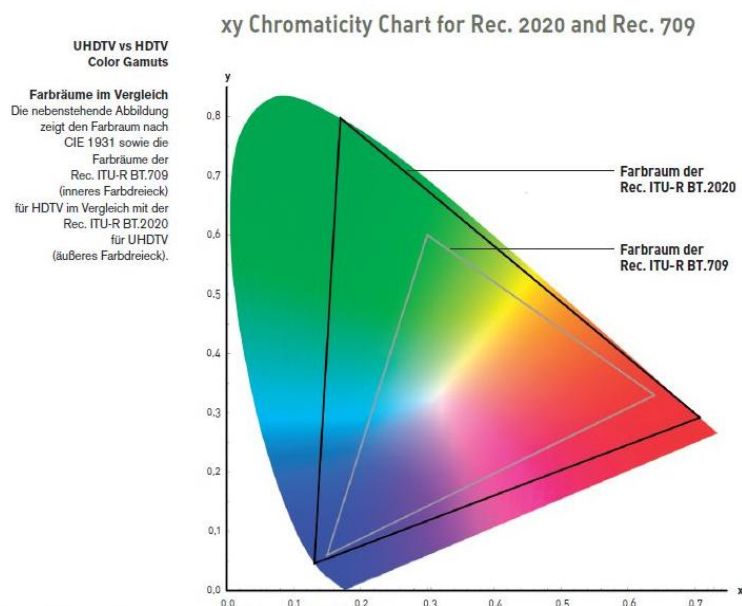


Abbildung 1: Von der ITU festgelegter Farbraum nach BT.2020 für UHDTV

⁹ Vgl. White Book Beyond HD: Deutsche TV-Plattform, 2013, S.24

Abb.1 entnommen aus: White Book Beyond HD: Deutsche TV-Plattform, 2013, S.50

Während bei HDTV einschließlich Blu-Ray-Discs und den ausgedienten HD-DVD-Discs der Standard BT.709 festgelegt wurde, hat man diesen im Falle von UHDT deutlich erweitern müssen und als BT.2020 definiert. Darin sind neben dem Farbraum, die Farbtiefe, digitale Darstellung, Bildwiederholungsfrequenz und Auflösung spezifiziert.¹⁰ Eine Problemstellung die sich aus der hohen Auflösung ergibt ist die Datenverarbeitung. Ob während einer Live-Übertragung oder beim Kinodreh: Um UHD-Material effektiv verarbeiten zu können, muss bestmöglich komprimiert werden. Mit dem Standard H.265 (HEVC) steht eine entsprechende Kompressionsmöglichkeit in den Startlöchern. Damit wird der anfällige UHD-Datenstrom zwar verdoppelt, dafür aber eine -im Vergleich zu HDTV- vierfach so große Datenmenge verarbeitet.

2.2 Einführung in Deutschland

Wie schon im Kapitel zuvor erwähnt nehmen die Bildschirmdiagonalen der Fernsehgeräte immer weiter zu. Grund dafür ist u.a. die Abschaltung des analogen Satellitenfernsehens 2010, was neue technische Gerätschaften nach sich zog. Die Öffentlich-Rechtlichen machten HDTV zu dieser Zeit erstmals für die breite Masse zugänglich und ermöglichen -im Gegensatz zum Bezahlssystem der privaten Anstalten mit HD+-hochauflösende Inhalte ohne Zusatzkosten. Die Elektronikhersteller sahen einen größer werdenden Bedarf an Flachbildfernsehern und produzierten dementsprechend noch größere Geräte, auch im Hinblick auf die Heimkinobranche, die mit Blu-Rays auf Full HD-Material zurückgreifen konnte. Laut dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) wuchs 2012 das TV-Segment der Bildschirmgrößen von 42 Zoll (106 cm) und mehr am stärksten. Der Anteil dieses Segments lag bei fast zwanzig Prozent.¹¹ Mittlerweile sind Größen um die 55 oder 65 Zoll keine Seltenheit mehr. Mit den steigenden Diagonalen der Endgeräte ändert sich allerdings nicht zwangsläufig der Sitzabstand vom Zuschauer zum Fernseher. Die Sehgewohnheiten ändern sich und passen sich denen des Kinos immer weiter an. Um auch bei Bildschirmgrößen mit Diagonalen jenseits von 55 Zoll bei geringem Abstand ein pixelfreies TV- und Filmvergnügen erleben zu können, stellt sich erneut die Frage nach höherer Auflösung. Diese Auflösungsfrage stellen sich momentan weniger die TV-Anstalten, sondern vielmehr die Filmindustrie. Denn im Falle vom Kinoleinwänden mit Breiten von 10 Metern und mehr ist die Daseinsberechtigung von Ultra HD mehr als berechtigt. Echtes 35mm-Filmmaterial wird von Haus aus mit Qualitätsanforderungen von 4K und

¹⁰Vgl. Lipinski, Klaus: ITWissen - Glossar HDTV/UHDTV, 2013, S. 6

¹¹Vgl. Pilgram, Ingrid: <http://www.zvei.org/Presse/Presseinformationen/Seiten/Bildschirmdiagonale-und-Internetfaehigkeit-entscheidend-beim-TV-Kauf.aspx>, Abruf: 29.10.2015

höher belichtet und digitalisiert. Dieses Potential konnte die Filmindustrie bisher noch nicht vollständig auf das Heimkino übertragen. Das soll sich in Zukunft ändern.

Im Gegensatz zum Heimkino könnte der Durchbruch von UHDTV noch etwas länger andauern. Ein Vergleich mit der Einführung von HDTV könnte Aufschluss über die Durchsetzung des ultrahochauflösenden Fernsehens in Deutschland geben. Um die Chancen von UHDTV zu ermitteln müssen einige Faktoren beachtet werden, die die Einführung maßgeblich beeinflussen. Zum einen sind die Kunden insofern tonangebend, dass sie mit ihrem Kaufverhalten den Durchmarsch von UHD-fähigen Bildschirmen zeitlich bestimmen können. Dafür müssen Hersteller zu aussagekräftigen Argumenten greifen. Der Durchschnittsdeutsche, der erst vor 5 Jahren einen Full HD-Fernseher gekauft hat, muss dazu bewegt werden, auf noch größere Diagonalen und höhere Auflösung zu setzen. Als am 30. April 2012 das analoge Satellitenfernsehen abgeschaltet wurde, waren die Konsumenten gezwungen auf einen digitalen Receiver oder gleich einen Flachbildschirm mit DVB-S-Empfänger umzusteigen. Außerdem lieferten die kompakteren Bauformen der flachen Geräte Argumente für einen Umstieg. Die Bauform von UHD-Geräten unterscheidet sich kaum von HDTV-Endgeräten. Die Argumente mehr Geld in einen 4K-Fernseher zu liefern, liegen also nahezu allein in der Diagonale und der Auflösung. Eine Studie der SES (*Europäische Satellitengesellschaft*) prophezeit ein komplett funktionierendes Ökosystem von UHD frühestens ab dem Jahr 2017. Das bedeutet, dass erst dann alle Distributionswege und Produktionstechniken von der (Live)-Produktion bis hin zu dem Endkunden endgültig geklärt werden. Ein funktionierender Massenmarkt mit Ultra-HD würde laut SES ab 2023 in Kraft treten. Als Eintrittsschwelle, ab der ein Start von UHD für TV-Anstalten lohnenswert wird, wird eine dreiprozentige Marktdurchdringung mit UHD-Displays genannt.¹² Entscheidend wird auch sein, wie gut Testphasen angenommen werden, die sich vor allem bei Großereignissen wie der Fußball Europameisterschaft in Frankreich 2016 anbieten würden. Pay-TV-Anbieter dürften in diesem Falle wieder die Vorreiterfunktion einnehmen und als erste UHD-Content in die Haushalte bringen. Sky geht in dieser Hinsicht mit großen Schritten voran. Das DFB-Pokalfinale dieses Jahres wurde als erstes Fußballspiel in Ultra HD übertragen. Danach folgten weitere Testversuche. Für 2016 hat der Bezahlender in Großbritannien weiterhin eine sogenannte "Sky G" -Box angekündigt, die UHD-Inhalte verarbeiten kann. Damit könnten also Sky-Kunden mit UHD-Fernseher das ultrahochauflösende Material empfangen.¹³ Ganz anders wird sich die Umstellung bei den Öffentlich-Rechtlichen Rundfunkanstalten vollziehen. Hier gibt

¹² Vgl. WHITE BOOK Beyond HD: Deutsche TV-Plattform, S.35

¹³ Vgl. Wollschläger, Katrin: <http://www.digitalfernsehen.de/Bestaetigt-Sky-UHD-Box-Sky-Q-kommt-2016.134074.0.html>, Abruf: 20.11.2015

es noch keinerlei Anzeichen für mittelfristige Pläne, die UHD-Produktionen bis hin zur Übertragung zum Endkunden vorsehen. Das hängt vor allem damit zusammen, dass im Free-TV bislang noch auf "HD ready" mit 720 progressiven Bildzeilen gesetzt wird. Die Signalübertragung in "Full HD" steht noch aus, sprich, die Öffentlich-Rechtlichen müssen noch einen weiteren Schritt gehen und erst einmal die HDTV-Umstellung vollends abschließen. Das ZDF hält UHD erst für möglich, wenn eine parallele Ausstrahlung von SD und HD über Satellitenempfang beendet ist. Schließlich müssen auch die Haushalte mitziehen. Momentan konsumieren erst die Hälfte der Satellitennutzer HD-Bilder. Das Interesse an noch höheren Auflösungen ist seitens der Konsumenten also noch lange nicht gegeben.¹⁴ ProSiebenSat1 und die RTL-Gruppe strahlen Bilder zwar in Full HD, jedoch nur mit Halbbildern aus, was aufgrund der halben Bildwiederholungen bei schnellen Bewegungen für Artefakten sorgen kann. Der Grund, warum nicht in 1080p ausgestrahlt wird, liegt an dem höheren Aufwand und der hohen Datenrate für Vollbildmaterial in Full HD. Wir befinden uns also noch in Phase eins des Vorschlages zur Einführung von UHD (Abb. 3). Phase zwei soll, wie schon laut Prognose angesprochen, frühestens ab 2017 Einzug halten. Während dieser Phase sollen weitere Standards für High Dynamic Range (HDR) und ein erweiterter UHD-Farbraum eingeführt werden..

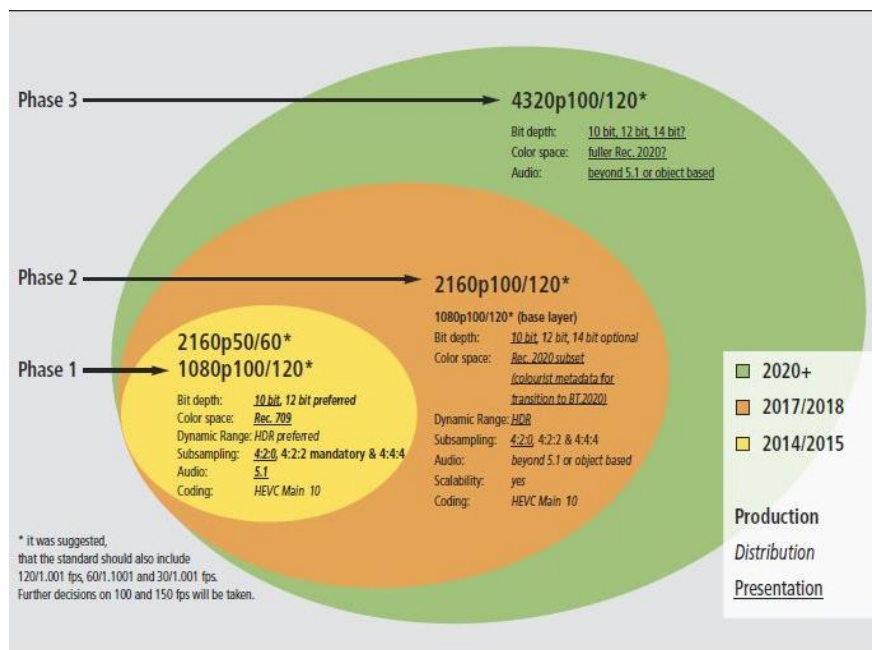


Abbildung 2: Vorschlag von DVB und EBU zur Einführung von UHD in Phasen

¹⁴Vgl. Wollschläger, Katrin: <http://www.digitalfernsehen.de/ARD-und-ZDF-Vorerst-keine-Ausstrahlung-in-UHD.133477.0.html>, Abruf: 20.11.2015

Abb. 2 entnommen aus: White Book Beyond HD: Deutsche TV-Plattform, 2013, S.36

Die technischen Spezifikationen dafür stehen allerdings noch aus und wohl erst Ende 2016 zur Verfügung. Auch an der Bildwiederholungsfrequenz soll geschraubt werden, damit so wenig wie möglich der Auflösung in schnellen Bewegungssequenzen verloren geht. Filme können mit einer Frequenz von bis zu 120 Hz produziert werden und das wird im Falle von UHD ebenso langfristig angestrebt.¹⁵ In ganz weiter Ferne steht mit Phase 3 die Vollendung von UHD. Damit wären Auflösungen von 4320 Punkten pro Bildzeile (8K) möglich. Vor 2020 wird aber noch kein Bild in 8K über deutsche Konsumergeräte laufen.

Als einzige Ausnahme seien kleinere Spartensender erwähnt die bereits im nativen UHD produzieren und senden. Am 4. September 2015 ist der Shoppingsender "pearl.tv UHD 4K" an den Start gegangen. Mit 2160p und 50Hz setzt der Sender auf die fortschrittliche HEVC-Codierung (H.265). Das wiederum setzt einen UHD-TV voraus, der diese Codierung auch entschlüsseln kann. Deshalb ist ein HEVC-fähiger Tuner nötig, den bisher die wenigsten Ultra HD-Geräte besitzen.

2.3 Erste UHD-Testläufe

UHDTV hat bereits einige Testläufe hinter sich. Aus dem Kino kommend, sind die Anforderungen ähnlich denen von UHD-1-Produktionen. Die Kamerahersteller bieten in dieser Hinsicht bereits eine breite Auswahl an nutzbarem Equipment für den semi- und professionellen Einsatz. Als einer der Vorreiter von digitalen Filmkameras sei an dieser Stelle RED (Red Digital Cinema Camera Company) zu nennen. RED hält Kameramodelle bereit, die eine Auflösung bis zu 6K, sprich über 6000 Bildzeilen, verarbeiten. Aber auch Hersteller wie Canon, JVC oder Sony haben schon seit 2012 4K-Modelle für TV-Produktionen im Sortiment. Mit der Sony F65 Cinealta testete Sky bereits am 1. Dezember 2012 während der Bundesligapartie zwischen dem FC Bayern München und Borussia Dortmund. Die Aufzeichnung erfolgte mit 4.096 x 2.160 (4K) Pixeln im Sony F65 RAW Lite Format bei 50 Bildern pro Sekunde. Für vereinzelte Slomo-Aufnahmen wurde mit 100 Bildern pro Sekunde gedreht.¹⁶ Der Testlauf war sehr aufschlussreich und deckte viele Probleme auf, für die teilweise schon Lösungen gefunden wurden. Das Problem der fehlenden Standardisierungen und der extrem hohen Datenraten, macht dem UHDTV-Workflow noch zu schaffen. Zum Vergleich: Bei 1080i25 mit 8 Bit fallen 0,83 Gbit/s Datenmaterial an. UHD mit 2160p50 und 10 Bit benötigt 8,3 Gbit/s, also das zehnfache des Datenstroms des normalen HDTV-Auflösungssignals. Dieser Umstand erfordert noch belastbarere bzw. gebündelte Glas-

¹⁵ Vgl. Raabe, Benjamin: Komponenten eines UHDTV Systems im Heimbereich, 2015, S.8

¹⁶ Vgl. WHITE BOOK Beyond HD: Deutsche TV-Plattform, S.53-54

faserleitungen bei der Signalverarbeitung zwischen den einzelnen Aufnahme-Stationen des TV-Teams. Auch die kurzfristige Speicherung von Material für Zeitlupen oder Zusammenfassungen braucht noch größere Kapazitäten. Ähnliche Abläufe testete Sky während weiteren Testversuchen bei Fußballspielen und einem Konzert der "Fantastischen Vier" am 20. Dezember in Stuttgart. Am 26. April 2014 beim Bundesliga-Spiel zwischen dem FC Bayern München und dem SV Werder Bremen wurde zum ersten Mal eine UHD-Produktion von Sky über Satellit ausgestrahlt. Das DFB-Pokalfinale im Mai 2015 wurde mit zwölf statt bisher sechs 4K-Kameras aufgezeichnet.¹⁷ Ein weiteres Highlight war die Aufzeichnung des Linkin Park-Konzerts in Berlin von Samsung in Kooperation mit dem Satellitenanbieter Astra. Da das Signal unverschlüsselt vorlag, konnten UHD-Fernseher mit HEVC-Wandler die Bilder über dem Demo-Kanal von Astra empfangen. Wie bei Sky musste auch hier ein wenig improvisiert werden. Die Bildsignale der zwölf Kameras wurden jeweils über vier SDI-Leitungen mit Full HD-Auflösung transportiert. Das entspricht einer Leitung pro UHD-Quadrat, da UHD bekanntlich die vierfache Auflösung von HDTV besitzt. Im Übertragungswagen angelangt, wurde das geteilte UHD-Signal wieder auf ein ganzes mit 2160p50 encodiert. Astra musste das Signal dann komprimieren. Aus 12 Gbit/s sollten 35 Mbit/s werden, damit das Signal via Satellit transportiert werden konnte.¹⁸

¹⁷ Vgl. Sky, <http://www.sky.de/ultra-hd-16852>, Abruf: 14.11.2015

¹⁸ Vgl. Kuhlmann, Ulrike: <http://www.heise.de/newsticker/meldung/4K-ueber-Satellit-Linkin-Park-aus-Berlin-live-ins-Wohnzimmer-2460739.html>, Abruf: 01.12.2015

3 DVD, Full- und UHD aus technischer Sicht

3.1 Aufbau und Funktion der DVD

Um den Prozess des Lesens und Schreibens von Datenträgern nachvollziehen zu können, ist es von großer Bedeutung zu wissen, in welcher Art und Weise DVD's funktionieren. Mit diesem Wissen fällt das Verständnis der Funktionsweise von Blu-Ray und schließlich auch Ultra HD Blu-Ray leichter. Wie bei allen anderen optischen Speichermedien besitzt die DVD verschiedene Typen. Grundsätzlich lassen sich die Digital Versatile Discs von Abspielgeräten bzw. Brennern lesen, einfach und mehrfach beschreiben. Auf die verschiedenen Typen soll aber an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

DVD's werden mithilfe zweier Laserdioden verschiedener Wellenlängen entschlüsselt. Damit das funktioniert haben sich die Erfinder dem physikalischen Beugungseffekt zunutze gemacht. Der lesende Laser gleitet berührungslos über die einzelnen Spuren der Disc, von innen nach außen. Um Informationen verarbeiten zu können braucht es markante Abtasteinheiten, an denen Licht gebeugt wird und die Dioden Änderungen wahrnehmen. Die Abtasteinheiten werden "Pit" und "Land" genannt. "Pits" sind Einkerbungen die tiefer liegen als die sogenannten "Lands". Dem Laser reicht allerdings ein "Pit" bzw. "Land" nicht aus, da beide für sich nur eine gerade Fläche ergeben, die bekanntlich zur Totalreflexion führen. Erst an den Übergängen "Land"/"Pit" bzw. "Pit"/"Land" wird Licht gebeugt und der Laser spürt eine Veränderung der Lichtintensität, was zu Folge hat, dass "Bits" oder eben keine Bits wahrgenommen werden.¹⁹

	DVD	CD
Scheiben-Durchmesser	120 mm bzw. 80 mm	120 mm bzw. 80 mm
Scheiben-Dicke	Zwei verklebte 0,6 mm-Schichten	1,2 mm
Laser-Wellenlänge	650 oder 635 nm, rot	790 nm, rot

¹⁹ Vgl. Zenk, Peter: Digital Versatile Disc's (DVD), Mittweida, 2000, S. 11-12

Spurdichte	0,74 μm	1,6 μm
Pit-Länge	0,4 - 1,87 μm	0,833 - 3,56 μm
Mittlere Zugriffszeit	3,49 m/s (einzelne Schicht) 3,84 m/s (doppelt S.)	1,2 bis 1,4 m/s
Daten-Kapazität	DVD-5 eine Seite, eine Schicht: 4,7 GB DVD-9 eine Seite, zwei Schichten: 8,5 GB DVD-10 doppelseitig, eine Schicht: 9,4 GB DVD-18 doppelseitig, doppelschichtig: 17 GB	700 Mbyte
Max. Datenrate	10 Megabit/s	1,4112 Mbps
Videocodecs	MPEG-1/2	MPEG-1

Tabelle 1: Vergleich technischer Parameter von CD und DVD²⁰

Mit diesem Verfahren können bis zu 17 GByte an Daten auf eine Scheibe gepresst werden. Das Speichervolumen ist deutlich höher als das der CD. Grund ist zum einen die dichtere Spur, sowie zum anderen die Doppelseitigkeit mit zwei aufgepressten 0,6 mm-Schichten und zwei mögliche, übereinander liegende Schichten, sogenannte "Layer". Damit beide "Layer" vom Laser erkannt werden, muss der Äußere für eine Wellenlänge transparent sein. Nur so wird gewährleistet, dass die darunter liegende Schicht mit geringerer Packungsdichte gelesen wird. Beim Lesevorgang rotiert die Scheibe spiralförmig von innen nach außen. Dies geschieht mit konstanter Geschwindigkeit, was zu Folge hat, dass die DVD mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten angetrieben werden muss. Während der Laser innen (kleinerer Durchmesser) weniger Zeit zum Abtasten benötigt, bewegt sich der Datenträger an den äußeren Rändern langsamer (größerer Durchmesser). Dieser Vorgang nennt sich CLV-Verfahren. Für den Schreibvorgang mit geeigneten Rohlingen im Konsumerbereich ist zudem eine Vorspur eingepresst, damit sich der Laser besser orientieren kann. Neben der DVD-ROM Software-Version, die auf Datenspeicher ausgelegt ist, gibt es eine DVD-Video-Alternative, die auf das Heimkino ausgerichtet ist. Darin enthalten sind Videoobjekte (VOB) aus Audio- und Videoelementen, sowie Navigationssteuerungen. Untertitel, Audiospuren, Kameraperspektiven, alternative Filmvarianten etc. können auf diese Art und Weise interaktiv und computerunabhängig gesteuert werden. Die maximale Stan-

²⁰ Vgl. Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik, 2010, S. 143

Tab. 1 entnommen aus: eigener Entwurf

Standardauflösung (SD) beträgt 720 x 576 Bildpunkte. Diese wird mit einer Datenrate von 9,8 Mbit/s und MPEG-2-Kompression gewährleistet. Im Gegensatz zur CD kann die DVD in Sachen Audio deutlich auftrumpfen. Insgesamt sind bis zu acht Audioströme möglich. Komprimiert wird mit dem MPEG-Audiolayer II-Verfahren. Das Datenreduktionsverfahren AC3 von Dolby wird ebenfalls unterstützt.²¹

3.2 Die Blu-Ray

3.2.1 Eigenschaften

Die Spezifikationen der Blu-Ray wurden 2002 von der Blu-Ray Group, der späteren Blu-Ray Disc Association (ab 2004) beschlossen. Ziel war es ein optisches Medium zu schaffen, das die Full HD-Auflösung von 1920 x 1080 Pixeln progressiv (Vollbilder) speichern und wiedergeben kann. Wie die DVD ist die Blu-Ray auf den Heimkinobereich zugeschnitten, wenngleich der Datenträger an sich auch für andere Speicherezwecke verwendet werden kann.

Das optische Erscheinungsbild unterscheidet sich nicht sonderlich von CD und DVD, da die Maße identisch sind. Nimmt man das Innenleben der Blu-Ray genauer unter die Lupe, wird schnell klar, warum die drei Datenträger nicht aufwärts kompatibel sind. Die Datenschicht der Blu-Ray liegt viel näher am Laser als die der DVD, die eher mittig angeordnet ist. Um den Schutz der wichtigen Schicht zu gewährleisten, wurde ein sogenannter "Cover Layer" mit 0,1 mm Dicke darauf gepresst. Die Dual Layer-Version der Blu-Ray hält eine zweite Datenschicht bereit, durch die das Datenvolumen auf 50 GB verdoppelt wird. Wie der Name Blu-Ray schon sagt, sorgt ein blauer Laser für das Auslesen der Daten. Dieser liegt mit 405 nm im kurzwelligen Bereich und kann die noch enger zusammenliegenden Spuren der Scheibe sowie die kleineren Pits und Lands aufgrund des geringen Abstandes von 0,24 mm optimal auslesen. Der blaue Laserspot beträgt nur ein Drittel des Durchmessers des roten Spots der DVD.²² Zudem verbessert sich durch den blauen Laser die Fokussierbarkeit auf 0,85 NA (Numerische Apertur).

²¹ Vgl. Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik, 2010, S. 142-143

²² Vgl. Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format, 2015, S.16

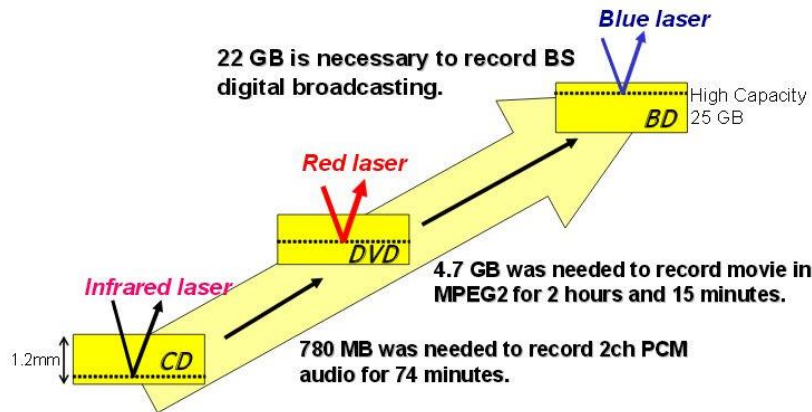


Abbildung 3: Datenschichten und Laser von CD, DVD und Blu-Ray im Vergleich

Durch die genannten Verbesserungen erreicht die Blu-Ray als Single Layer-Variante (SL) ein Speichervolumen von 25 GB. Das ist das Fünffache der DVD. Für Blu-Ray-Player kommen Discs mit bis zu 50 GB zum Einsatz. Auf die SL mit MPEG-2-Kompression passen demzufolge bis zu 135 Minuten Film in Full-HD samt zweistündigem Bonusmaterial in SD.²³ Mit dem BDXL-Format sind Kapazitäten von 100 GB möglich. Damit die Datenflut abgerufen werden kann, wird eine hohe Datenrate benötigt. Bei der Blu-Ray beträgt diese im Durchschnitt 36 Mbit/s. Maximal sind mithilfe von Kompressionstechniken bis zu 40 Mbit/s für Video und zusätzlich 14 Mbit/s für Audio Spuren möglich.

Disc type	ROM, RE or R		ROM		RE	R	
Layer	SL	DL	DL	TL	TL	TL	QL
Capacity	25 GB	50 GB	66 GB	100 GB	100 GB	100 GB 200 GB (DSD)	128 GB
Capacity/layer	25.0 GB		33.4 GB				32.0 GB
Minimum-Mark length	0.149 μm		0.112 μm				0.117 μm
Track Pitch	0.32 μm						
Modulation	17PP						
ECC	LDC with BIS						
Sector/Block size	2 KB / 64 KB						
Track path	-	Opposite track path					
Writing speed	RE: 1x, 2x R:1x, 2x, 4x(opt), 6x(opt)		-		2x	2x, 4x	

1x: 36 Mbps, DSD: Double-Sided Disc

Abbildung 4: Alle Blu-Ray Disc-Typen im Überblick

²³Blu-Ray Disc Association: <http://blu-raydisc.com/en/Technical/FAQs/Blu-rayDiscFormat.aspx>, Abruf: 21.11.2015

Abb. 3 entnommen aus: Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format General, 2015, S. 4

Der Blu-Ray Disc Association, die sich aus namhaften Elektronikherstellern und Produktionsstudios zusammensetzt, ist es von großer Bedeutung seine Inhalte entsprechend zu schützen. Zum einen kontrollieren Hersteller ihre Datenträger über diverse Kopierschutzverfahren und länderspezifische Regionalcodes. An dieser Stelle sollen beispielhafte Methoden genannt werden. Das Advanced Access Content System (AACCS) arbeitet mit einem 64 bzw. 128-Bit-Schlüssel, der sogenannten Advanced Encryption Standard- Verschlüsselung (AES). Die Einflüsse des Systems sind vielfältig und beziehen sich auf die Anzahl der Kopien, den zulässigen Zeitraum oder die Verifizierung des Laufwerks. Zum AACCS gehört der Key Media Block (MKB), der sich direkt auf Blu-Ray-Rohlingen befindet und im Falle einer Kopie nur durch den originalen Key ersetzt werden kann. Ein neuerer Hardware-basierter Kopierschutz ist die High-bandwidth Digital Content Protection (HDCP). Hierbei gibt die Blu-Ray codierte Signale über die HDMI bzw. DVI-Komponenten, die dann von den Anschlüssen entschlüsselt werden müssen, damit ein Bild ausgegeben werden kann. Eines der sichersten und innovativsten Kopierschutzsystemen ist BD+. Dieses funktioniert auf Software-Basis und ist mit Java auf der Disc implementiert. Die Software läuft im Hintergrund und kontrolliert permanent den laufenden Datenstrom. Sobald diese eine Manipulation feststellt, wird die Wiedergabe sofort gestoppt.

3.2.2 Kompression mit H.264

Videokompression ist der Schlüssel um hohe Datenraten komprimieren, speichern und übertragen zu können. Grundsätzlich wird zwischen verlustfreier und verlustbehafteter Kompression unterschieden. Werden Informationen weggenommen, also Daten reduziert, kann deutlich besser komprimiert werden, wodurch Speicherplatz gespart wird. Die Information der Quelle ist aber nicht wiederherstellbar, weshalb Datenreduktion auf die Toleranz des Empfängers angewiesen ist. Im Falle des Menschen können so physiologische Aspekte des menschlichen Sehens ausgenutzt werden, da sowieso nicht alle Informationen der Quelle wahrgenommen werden. Kompression geht aber auch verlustfrei mithilfe von Codierungsalgorithmen. Video- und Audiokompression ist sehr komplex. Um möglichst effektiv, aber auch qualitativ zu komprimieren verbinden verlustbehaftete Verfahren Datenreduktion und Codierung miteinander.²⁴

Dem H.264-Konzept geht H.263 voraus. Beide sind in dem Standard MPEG-4 der Moving Picture Experts Group (MPEG) als Teile eingebunden. H.264/AVC (Advanced Video Coding) ist seit 2003 als Teil 10 in den Sammlungen von MPEG-4 eingetragen.²⁵

²⁴ Vgl. Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik, 2010, S. 111

²⁵ Vgl. Strutz, Tilo: Bilddatenkompression, 2005, S. 250

Beide Verfahren sind ähnlich, wobei in H.264 viele Neuerungen enthalten sind. H.264 kann sehr vielfältig eingesetzt werden. Neben der Speicherung von Daten auf optischen Medien zielt das Verfahren weiterhin auf Verwendung zum Beispiel bei kabelgebundenen oder kabellosen Übertragungen über mobile Netzwerke oder Satelliten ab. Vor allem für die Datenverarbeitung von HD-Inhalten ist H.264 sehr gut geeignet, da es im Vergleich zur verwendeten DVD-Kompression mit MPEG-2 eine doppelt so hohe Codierungseffizienz aufweist. Gleichzeitig steigt allerdings die Rechenkomplexität, weshalb die Anforderungen an Prozessoren deutlich steigen.

Neben H.264 kann auf Blu-Rays weiterhin mit MPEG-2 komprimiert werden. Ein ähnlich effektives Verfahren ist der zu Windows Media 9 gehörige Codecs SMPTE VC-1, der auf einigen wenigen Blu-Rays angewendet wurde.²⁶

3.2.3 Sony's Brücke zu UHD: Mastering in 4K

UHD würde mit einer Auflösung von 3840 x 2160 Pixeln zwar theoretisch auf eine Blu-Ray in der BDXL-Version, die für die industrielle Datenspeicherung entwickelt wurde, passen, jedoch geht UHD-1 u.a. mit einem erweiterten Farbraum und einer höheren Bildwiederholungsfrequenz einher. Als Vorbote zur echten Ultra HD Blu-Ray hat Sony seit 2013 eine alternative Blu-Ray mit speziellen Eigenschaften am Markt. Zusammen mit dem Produktionsstudio Sony Pictures Entertainment wurde eine "Mastered in 4K"-Version entwickelt. Zwar handelt es sich hierbei um eine normale Blu-Ray der Auflösung 1920 x 1080 Pixeln, die Inhalte entstammen aber einem Master in 4K. Das Originalmaterial, das mit 4K oder höher belichtet wurde oder digital mit 3840 x 2160 Pixeln vorliegt, wird auf Full HD herunter gerechnet. Sony verspricht mit dieser Methode eine erhöhte Kantenschärfe und vermarktet seine Masters mit einer erweiterten x.v.YCC-Farbskala, die entsprechende Sony-Geräte darstellen können. Zudem sind höhere Bit-Raten enthalten. Eine Steigerung von rund 7 bis 10 Mbit/s im Vergleich zur normalen Blu-Ray-Version erfordert einen erhöhten Speicherplatz von 5 bis 10 GB.²⁷ Aus diesem Grund wird bei "Mastered in 4K" auf sämtliches Bonusmaterial bzw. erweiterte Fassungen verzichtet. Sony konzentriert sich voll und ganz auf die Bild- und Audioqualität und reizt die Blu-Ray in Sachen Bildschärfe, Farbraum und Details maximal aus.

²⁶ Vgl. Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik, 2010, S. 119

²⁷ Vgl. Trozinski, Christian: <http://www.digitalfernsehen.de/Echtes-4K-auf-Blu-ray.110874.0.html>, Abruf: 25.10.2015

3.3 Die neue UHD-Scheibe

3.3.1 Lizenzsion 2015

Die Blu-Ray Disc Association (BDA) hat am 24. August 2015 begonnen einheitliche Spezifikationen für die Ultra HD Blu-Ray bekannt zu geben, mit denen das Format verbreitet wird. Damit wurde die offizielle Lizenzierung für die runde Scheibe sowie alle involvierten Endgeräte beschlossen. In einer entsprechenden Pressemitteilung betitelte die BDA die Disc als Nachfolgemedium der Blu-Ray aus. Darin formulierte Victor Matsuda, Mitglied des BDA Promotions-Komitee, wie folgt:

"For years, Blu-ray Disc™ has set the standard for high definition picture and audio quality in the home. Ultra HD Blu-ray will do the same for UHD home entertainment. The technical capabilities of Blu-ray Disc, in particular its significant storage capacity and high data transfer rates, will enable the delivery of an unparalleled, consistent and repeatable UHD experience."²⁸

Zusätzlich ist seit November 2015 die offizielle Informationsseite "www.uhdbdinnumbers.com" online, die über Vorteile und feststehende Eigenschaften der Ultra HD Blu-Ray informiert. Neben den technischen Details wurden bereits das offizielle Logo und das Aussehen der Verpackung eingeführt. Die ultrahochauflösende Scheibe wird im Gegensatz zur Blu-Ray den Namen "Disc" nicht mehr tragen. Es bleibt bei der Bezeichnung "Ultra HD Blu-Ray".²⁹



Abb. 6: Offizielles Logo der BDA für die Ultra HD Blu-Ray



Abbildung 5: Cover von Sony

²⁸Blu-Ray Disc Association: <http://www.businesswire.com/news/home/20150512005300/en/Blu-ray-Disc-Association-Completes-Ultra-HD-Blu-ray>, Abruf: 02.11.2015

²⁹ Serck, Karsten: <http://www.aredvd.de/news/hollywood-studios-einigen-sich-auf-ultra-hd-blu-ray-verpackung/>, Abruf: 15.11.2015

Abb. 5 entnommen aus: Blu-Ray Disc Association; Abb. 6: Sony Pictures Entertainment

Um sich klar von der DVD und der Blu-Ray abzugrenzen, hat die Digital Entertainment Group (DEG) ein neues Verpackungsdesign entworfen. Die Ultra HD Blu-Ray bekommt eine carbon-schwarzer Verpackung mit silberner Aufschrift. Ebenso wird es Hinweise auf spezielle Bildeigenschaften (z.B. HDR) und den beinhaltenden Ton geben. An der Artwork-Gestaltung sind bisher alle großen Produktionsfirmen wie Sony, Universal Pictures Home Entertainment oder Warner Bros. beteiligt, was darauf hindeutet, dass das Cover tatsächlich in dieser Form übernommen wird. Sony Pictures und 20th Century Fox haben als erste Studios schon konkrete Filmtitel genannt, die auf der neuen Disc erscheinen sollen. Ursprünglich sollten Abspielgeräte und Datenträger schon zum Weihnachtsgeschäft in den Verkauf gehen. Nach aktuellem Stand der Dinge ist eine Veröffentlichung nun Anfang 2016 geplant.

3.3.2 Aufbau und Speichergrößen

Einige White Papers der Blu-Ray Disc Association (BDA) geben bereits Einblicke in das Innere der neuen Ultra HD Blu-Ray. Danach wird es drei Speicherversionen des ultrahochauflösenden Formats geben: 50 GB, 66 GB und 100 GB. Alle drei können aufgrund der neuen Kompressionsmethodik, dem Inhalts-Schutz-System etc. nicht von Blu-Ray-Playern abgespielt werden. Blu-Ray und Ultra HD Blu-Ray sind nicht aufwärtskompatibel. Die 50 GB-Version hat zwar dieselbe Speichergröße wie eine Blu-Ray, jedoch werden alle neuen Eigenschaften der Ultra HD-Scheibe bereits in die kleinste Version implementiert. Von den äußeren Abmessungen wird die 50 GB-Version sich nicht von der Blu-Ray unterscheiden. Das technische Leseverfahren der drei Versionen wird sich zudem nicht von der Blu-Ray-Technik unterscheiden. Aus diesem Grund wird der Durchmesser beibehalten werden. Für die 66er und die 100er Ultra HD Blu-Ray hat die BDA eigene Spezifikationen vorgelegt. Das verwendete Substrat zur optischen Datenbeschreibung wird eine Dicke von 0.9 bis 1.4 mm aufweisen. Im White Paper ist von 1.1 mm die Rede, was der Blu-Ray und DVD mit 1.2 mm sehr nahe kommt. Da sich bei der technischen Herstellung nicht allzu viel ändert, wird das Substrat wie bei den Vorgängern aus Polycarbonat bestehen. Die mittelgroße Scheibe mit 66 GB Fassungsvermögen wird durch zwei Layer realisiert, die durch einen sogenannten "Spacer Layer" voneinander getrennt sind. Unter den beiden Schichten befindet sich das Substrat, darüber der "Cover Layer" und noch eine optionale Schutzschicht (Hard-Coat-Layer). Diese schützt die Disc vor Kratzern und anderen äußeren Einflüssen und ermöglicht eine kartuschenlose Benutzung. Die Abstandsschichten zwischen den Layern sind transparent, damit der Laser die darunter liegende Schicht auslesen kann. Jeder Layer kann maximal 33,4 GB fassen. Insgesamt wird die

mittlere Disc somit genau 66,7 GB Bruttospeicher fassen.³⁰ Um eine 100 GB große Speichervariante zu ermöglichen müssen drei Speicherschichten (Layer) in das Substrat eingearbeitet werden. Dieses Verfahren fand auch bei den BD-XL-Speicherversionen der Blu-Ray Anwendung. Die BD-XL-Variante ist allerdings nicht zum Abspielen von Inhalten in einem Blu-Ray-Player ausgelegt. Alle drei Layer werden von zwei transparenten Spacer Layern getrennt. Wie bei allen anderen Multilayern müssen die obersten zwei Speicherschichten halbtransparent sein, damit die dritte Schicht vom Laser erfasst wird.

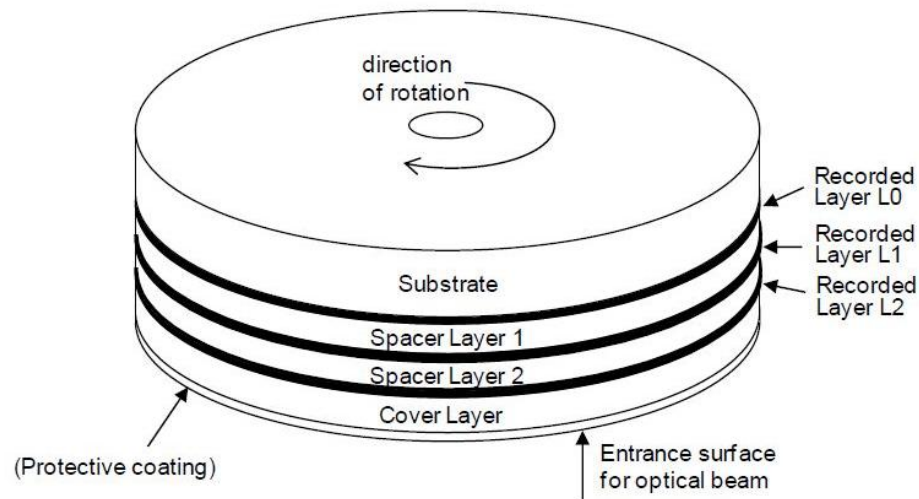


Abbildung 7: Aufbau einer Ultra HD Blu-Ray mit Triple-Layer-Struktur

Alle Speicherschichten werden mit "Pits" und "Spaces" vorgefertigt. Diese bilden wiederum Tracks, die u.a. Adressen enthalten und als Navigationssystem dienen.

Die größte Variante mit bis zu 100 GB ist nötig, um die Ultra HD Blu-Ray mit dem erweiterten Farbraum, einer Farbtiefe von 10 Bit und ggf. mit High Dynamic Range (HDR) auszustatten. Es soll zudem eine Bildwiederholungsrate von 60 Bildern pro Sekunde realisiert werden, was eine deutlich höhere Datenrate mit sich bringt. Blu-Ray Discs haben eine aus dem Kino stammende Bildfrequenz von 24 Bildern pro Sekunde. Sogenannte High Frame Rates (HFR) bestätigen den Trend zur flüssigeren Bilddarstellung. Ein bekannter Befürworter der Technologie ist Peter Jackson, der seine Hobbit-Trilogie mit 48 Bildern pro Sekunde in HFR-3D drehen ließ.

³⁰ Vgl. Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format, 2015, S. 12

Abb. 7 entnommen aus: Abb. entnommen aus: Blu-ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format - 1.C Physical Format Specifications for BD-ROM, S. 13

Mechanical parameters		
Radial tracking		
Runout	[μm]	75 pp max.
LF residual-error	[nm]	20 max.
HF residual-error	[nm]	9.2 rms max.
Axial tracking		
Runout	[mm]	0.3 max.
LF residual-error	[nm]	80 max.
HF residual-error	[nm]	32 rms max.
Disc thickness	[mm]	0.9 to 1.4
Disc mass	[g]	12 to 17
Disc unbalance	[gmm]	≤ 4.0
Disc radial-tilt (α angle)	[$^\circ$]	1.60 max.
Disc tangential-tilt (α angle)	[$^\circ$]	0.60 max.
Optical parameters		
Cover Layer		
Thickness (DL)	[μm]	75 ± 5
Thickness (TL)	[μm]	57 ± 5
Thickness variation	[μm]	$\leq 2.5(\text{DL}), 2.0(\text{TL})$
Spacer Layer		
Thickness (DL)	[μm]	25 ± 5
Thickness (TL)	[μm]	$25 \pm 5, 18 \pm 5$
Thickness-variation including Cover Layer	[μm]	≤ 2.5
Substrate		
Reflectivity DL	[%]	12 to 28
Reflectivity TL	[%]	6 to 14
In-plane birefringence	[Δn_{ij}]	$\leq 1.5 \cdot 10^{-4}$
Perpendicular birefringence	[Δn_{\perp}]	$\leq 1.2 \cdot 10^{-3}$
Refractive index		1.45 to 1.70

Abbildung 8: Tiefgreifendere Parameter der 66/100 GB Versionen

3.3.3 Datenraten

Die vielen technischen Neuanforderungen, die die Ultra HD Blu-Ray mit sich bringt, wirken sich neben der höheren Speicherkapazität auch auf den Datendurchlauf pro Sekunde aus. Kurz gesagt bewirkt eine hohe Daten- oder Bitrate einen größeren Bedarf an Speicherplatz, dafür steigt die Qualität des Video- und Audiomaterials.³¹ Eine höhere Datenrate setzt gewisse Anforderungen voraus. Diese lassen sich gut anhand des Beispiels einer Live-Produktion bei der UHDTV zum Einsatz kommt - auf die in einem vorangegangenen Kapitel schon eingegangen wurde - verdeutlichen. Eine 4K-Kamera nimmt die vierfache Auflösung von Full HD auf. Das bedeutet, dass sich der Datenstrom ebenfalls vervierfacht. Genauso ist es beim Abspielen einer Ultra HD Blu-Ray. Der hohe Datendurchfluss muss allerdings auch gewährleistet werden. Im Falle der Live-Produktion werden spezielle Glasfaserkabel benötigt, oder einfach gesagt: Leitungen, die die vierfache Kapazität des normalen 1080p-Signals weiterleiten können. Bei der Ultra HD Blu-Ray wird die Rotationsgeschwindigkeit des Datenträgers angepasst. Die BDA sieht es vor, die Disc-Geschwindigkeiten von bis zu 5000 Umdre-

³¹ Vgl. Magix: Kleine Schule des Encodierens, S. 4

Abb. 8 entnommen aus: Blu-ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format - 1.C Physical Format Specifications for BD-ROM, S. 16

hungen pro Minute zuzulassen. Mit zunehmenden Umdrehungszahlen steigt der Lärmpegel und die Anforderungen an den Motor sowie Kühlung des Gehäuses und des Datenträgers.³² Aus diesem Grund wird ein möglichst effektives Kompressionsverfahren bevorzugt, das die Datenrate so gering hält. Ist die Kompression zu extrem, leidet die Bildqualität, was dem Sinn einer höheren Auflösung widersprechen würde. Wird nur mangelhaft komprimiert, bleibt die Datenrate zu hoch und der Empfänger kann das Signal möglicherweise nicht verarbeiten.

In den Ultra HD Blu-Ray Spezifikationen sind drei verschiedene Transferraten festgelegt worden:

- Default TR (Transfer Rate): Max. Datenrate von 81,7 Mbit/s bei 50 GB
Max. Datenrate von 109 Mbit/s bei 66/100 GB
- Low TR: Max. Datenrate von 64 Mbit/s bei 50 GB
Max. Datenrate von 81,7 Mbit/s bei 66/100 GB
- High TR: existiert nicht für die 50 GB-Version
Max. Datenrate von 127,9 Mbit/s bei 66/100 GB

Die höchste Datentransferstufe ist für die kleine Ultra HD Blu-Ray nicht vorgesehen und aufgrund der geringen Größe nicht unbedingt von Notwendigkeit. Bei der High Transfer Rate gibt es einen Sonderfall: Bei der Übertragung mit 127,9 Mbit/s wird im inneren der 66 GB oder 100 GB großen Scheibe die maximal vorgesehene Umdrehung von 5000 U/min aufgrund des geringeren Radius überschritten. Um diesem "Problem" vorzubeugen wird die Scheibe in zwei Zonen unterteilt: Eine HTR- und eine LTR-Zone. In dem äußeren Sektor kommt die bevorzugte schnelle Datenübertragungsrate zur Anwendung und innerhalb der LTR-Zone wird diese auf die Standard-Datenrate reduziert (Default TR mit 109 Mbit/s). Da die eingeteilte HTR-Zone 92% des Datenvolums ausmacht, ist das kurzzeitige Herabsetzen der Übertragungsgeschwindigkeit in der deutlich kleineren LTR-Zone zu vernachlässigen.³³

³² Vgl. Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format , 2015, S. 13

³³ Vgl. Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format, 2015, S. 14

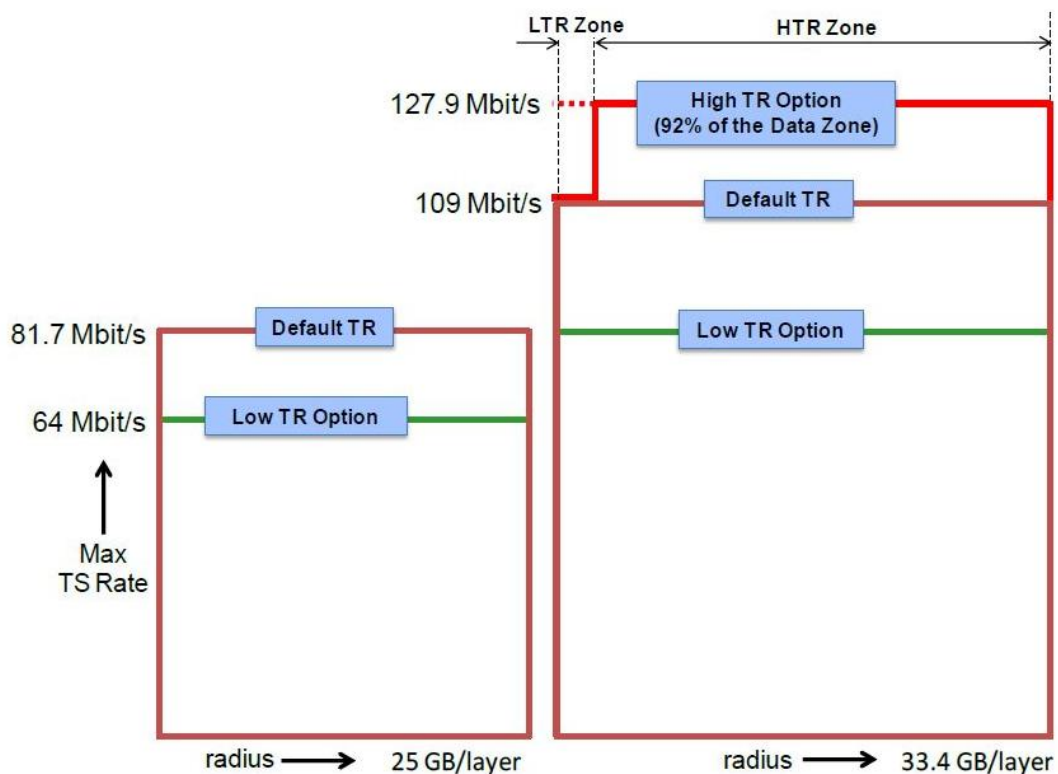


Abbildung 8: Datenübertragungsraten Low, Default und High im Vergleich³⁴

3.3.4 Kompression mit H.265/HEVC

Der Kompressionsstandard HEVC bzw. H.265 oder auch MPEG-H Teil 2 entstand aus der Zusammenarbeit zwischen der Video Coding Experts Group (VCEG) und der Moving Pictures Experts Group (MPEG) und der ISO/IEC, die dazu das Joint Collaborative Team on Video Coding (JCTV-VC) gegründet haben. Erste Ansätze von HEVC wurden im Januar 2013 entwickelt. Die Motivation eines neuen Codecs lag nicht allein darin, Video- und Audiodateien maximal zu komprimieren. Schon vorab legten die Entwicklerteams den Fokus auf UHD und die damit einhergehenden Möglichkeiten, größere Farbräume zu unterstützen. Mit HEVC soll im Vergleich zum Vorgänger H.264/AVC nochmals eine Dateneinsparung von bis zu 50% möglich sein.

Vorangehende Kompressionsmethoden beschäftigen sich damit, Redundanzen (Ähnlichkeiten) von aufeinander folgenden Frames eines Videos zu erfassen. Mit dieser Methodik wird lediglich der Bewegungsunterschied von Frame 1 zu Frame 2 gespeichert. Alle anderen Bildinformationen werden weggelassen, sprich nur die Differenz mit

Abb. 9 entnommen aus: Blu-ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format - 1.C Physical Format Specifications for BD-ROM, S. 14

allen Bildunterschieden von Frame 1 zu Frame 2 übernommen. Mit dieser Vorgehensweise funktioniert MPEG-2. MPEG-4 arbeitet noch fortschrittlicher und ist in der Lage mehrere Bildfolgen abzuschätzen und somit Änderungen von Frames frühzeitig einzukalkulieren. Das AVC-Update betrachtet jedes einzelne Bild und untersucht es auf Redundanzen.³⁵ HEVC greift das Grundgerüst dieser Methodik auf und teilt zusätzlich jedes Bild in flexible Makroblöcke. Der Standard zerlegt jedes Bild in sogenannte Coding-Tree-Units (CTU). Diese Einheiten umfassen jeweils einen Coding-Block mit Luminanz-Bildpunkten, Chrominanz-Bildpunkten sowie eine Syntax zur Codierung. Die Flexibilität der Makroblöcke zeigt sich in den drei Einstellungsmöglichkeiten der CTB-Größe: Pro Sequenz sind Blöcke von 16 x 16, 32 x 32 oder 64 x 64 konfigurierbar.

Neu sind zudem sogenannte "Tiers" (Ebenen). Diese werden zusätzlich zu den "Levels" und "Profiles" definiert. "Profiles" eines Standards beinhalten die Kompressionswerkzeuge, "Levels" geben z.B. die maximale Samplerate vor. Diese Angabe dient dem Decoder, der schließlich in der Lage sein muss, die angegebene Auflösung mit Bildwiederholungsfrequenz zu de- bzw. encodieren. "Tiers" wurden eingeführt um verschiedene Anwendungsbereiche abzudecken. "Main Tier" ist dabei für die meisten Anwendungen ausgelegt, "High Tier" eher für anspruchsvolle Aufgaben. Dank der zwei Ebenen wird die maximale Bitrate sowie Coded-Picture-Buffer-Größe weiter eingeschränkt, was wiederum Platz spart. HEVC bringt in seiner ersten Fassung drei eingebettete "Profiles" mit sich: Main, Main 10 und Main Still Picture. In jedem Fall wird eine maximale Bildwiederholungsrate von 300 Bildern pro Sekunde unterstützt.³⁶

HEVC/H.265 befindet sich weiterhin in der Entwicklungsphase und wird mit der Zeit noch verfeinert, um optimal für Ultra HD zur Anwendung zu kommen.

Primary Video	Codec	HEVC (Main 10, High Tier, Level 5.1)	MPEG-4 AVC (High/Main Profile, Level 4.1/4.0)
	Max. bitrate	100 Mbps	40 Mbps
	Resolution	1920x1080, 3840x2160	1920x1080
	Frame rate	23.976p, 24p, 25p, 50p, 59.94p, 60p	23.976p, 24p
	Aspect ratio	16:9	16:9

Abbildung 9: Unterstützte Daten- und Bildwiederholungsraten von HEVC und MPEG-4/AVC im Vergleich

³⁵ Straßburg, Volker: <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/was-der-codec-h-265-besser-macht-1534883.html>, Abruf: 22.11.2015

³⁶ Vgl. Ohm, Jens-Rainer: Comparison of the Coding Efficiency of Video Coding Standards - Including High Efficiency Video Coding (HEVC), S. 4

3.3.5 High Dynamic Range

Die Pixelzahl allein ist noch keine Garantie für ein gutes Bild. Schon seit geraumer Zeit hat die Video- und Fotoindustrie den Kampf um die höchste Pixelzahl eingestellt. Mittlerweile besitzt jedes Smartphone einen Sensor der ein Auflösungsverhalten von 8 oder 20 Millionen Megapixeln aufweist. Ultra HD löst pro Frame (Einzelbild) mit 3840 x 2160 Bildpunkten auf. Das macht eine totale Bildauflösung von rund 8 Millionen Megapixeln. Zum besseren Verständnis: Pro Sekunde flimmern also beispielsweise 24, 25, 50 oder 60 "Fotos" des Iphone 6 über ein 4K-auflösendes Fernsehgerät. Die Blu-Ray Disc Association hat die Ultra HD Blu-Ray nicht allein mit dem Gedanken lizenziert, lediglich ein hochauflösenderes Bild zu entwickeln. Vielmehr hat man seinen Fokus auf die Qualität der einzelnen Pixel gesetzt. Das Stichwort lautet High Dynamic Range, kurz HDR. In der Fotografie ist die Technik schon längst im Umlauf. Im folgenden Abschnitt sei die Problemstellung um HDR an einem Beispiel kurz erläutert:

Der Laie kennt das Problem zu gut. Eine Person soll abgelichtet werden, die im Zimmer vor einem Fenster steht. Nach dem Auslösen des Bildes ist die Enttäuschung meist groß. Entweder die Person verschwindet im "schwarz" ohne jegliche Detailzeichnung oder der Hintergrund ist viel zu hell und trübt den Gesamteindruck des Bildes. Dem Bild fehlt es an gleichmäßiger Helligkeitsverteilung, da der entsprechende Dynamikumfang nicht gegeben ist. HDR wurde entwickelt, um dieser Problemstellung Abhilfe zu schaffen.

"Der Dynamikbereich eines Videos wird als der Unterschied zwischen den hellsten Weiß- und den dunkelsten Schwarztönen im Bild definiert."³⁷ Menschen kennen das Problem der Detailverluste nicht. Das Sehvermögen ist sehr anpassungsfähig und besitzt eben diesen hohen Dynamikumfang. Daher hat der Mensch während der Sichtung seines Fotomaterials oftmals das Gefühl, das festgehaltene Erlebnis nur ausreichend auf seinem Bildschirm oder ausgedrucktem Foto wiederzugeben. HDR kommt dem menschlichen Sehvermögen ein Stück näher. Mithilfe sehr hoher Abstufungen pro Farbkanal wird der Detailgrad um ein Vielfaches erhöht. Diese Abstufungen werden in der digitalen Verarbeitung als Bit bezeichnet. Digitalkameras oder Monitore arbeiten üblicherweise mit 8 Bit. Umgerechnet sind das 2^8 Bit mit 256 Helligkeitsabstufungen pro Farbkanal. Wird die Farbtiefe wie bei Ultra HD vorgesehen auf 10 Bit oder 12 Bit erweitert, ergeben sich 2^{10} bzw. 2^{12} mit 1024 bzw. 4096 Abstufungen. Diese deutlich höhere Anzahl ermöglicht die Anpassung eines über- oder unterbelichteten Bildes.

³⁷ Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Read-Only Format, 2015, S. 21

Abb. 10 entnommen aus: Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Read-Only Format, 2015, S. 20

Histogramme geben Aufschluss über die Helligkeitsverteilung eines Bildes und somit den Kontrast. Besitzt das Histogramm Lücken, fehlen wichtige Abstufungen und der Kontrast ist gering. Kontrastanpassungen können den Dynamikumfang deutlich erweitern. Dazu muss das Ausgangsbild mit einer hohen Bit-Zahl aufgenommen werden.

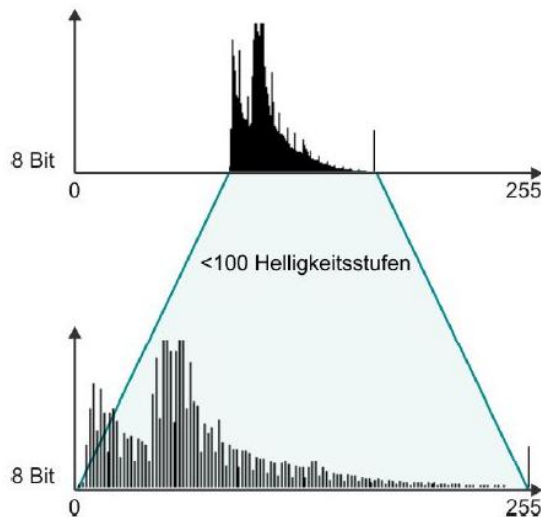


Abb. 11: Anpassung mit nur 8 Bit

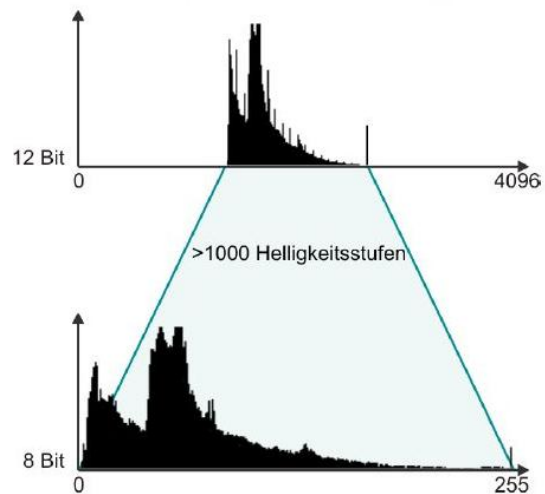


Abb. 12: Optimale Anpassung mit 12 Bit

Umso höherwertig das Ausgangsbild, desto besser kann der Kontrast korrigiert werden. Als Beispiel wird ein Bild mit 12 Bit Farbtiefe begutachtet (Abb. 12). Der Teil, der korrekt belichtet wurde, umfasst mehr als 1000 Abstufungen. Diese reichen aus, um ein 8 Bit-Bild mit 256 Abstufungen zu korrigieren.³⁸

Die einfachste Möglichkeit HDR umzusetzen gelingt mit Belichtungsreihen. Hierbei werden unterschiedliche Belichtungen vorgenommen, jedoch mindestens drei. Jeder Bildbereich wird korrekt belichtet, unabhängig davon, dass die anderen Bereiche in diesem Moment über- oder unterbelichtet werden. Alle aufgenommenen Bilder werden mit einem "Tonemapping-Operator" verrechnet.³⁹ Damit lassen sich unbegrenzte Dynamikumfänge erzeugen. Der Nachteil an dieser Technik ist die hohe anfallende Datenmenge, der Rechenaufwand und der Umstand, dass sich das Motiv während der Aufnahmen nicht schnell bewegen darf - für Sportaufnahmen also nicht geeignet.

³⁸ Vgl. Imaging Development Systems: White Paper High Dynamic Range Imaging, 2009, S. 9
Abb. 11 und 12 entnommen aus: ebd.

³⁹ Vgl. Imaging Development Systems: White Paper High Dynamic Range Imaging, 2009, S. 12
Abb. 13 entnommen aus: ebd.



Abbildung 13: Realisierung von HDR mit Belichtungsreihen

Professionelle HDR-fähige Kameras gibt es bereits, ebenso wie TV-Geräte mit HDR-Funktionalität. Auch Sky hat bei mehreren UHD-Testübertragungen High Dynamic Range ausprobiert. Momentan mangelt es allerdings noch an einem einheitlichen Standard, der einen roten Faden von Produktion bis Wiedergabe mit sich zieht. Eine klare Definition für "echtes" HDR existiert bislang noch nicht. Die TV-Hersteller entwickeln eigene Konzepte zur Erweiterung des Farbraums und nähern sich dem Thema HDR meist von unterschiedlichen Wegen. Die Elektronikindustrie orientiert sich daher lediglich an groben Richtlinien, die HDR idealerweise erfüllen muss:

- Erweiterte Farbdarstellung nach DCI-P3-Norm (Kinofarbraum)
- mind. 10-Bit-Bildverarbeitung für bis zu 1000 Helligkeitsabstufungen
- HDMI 2.0a Eingang welcher die HDR-Metadaten fehlerfrei verarbeiten kann
- Direkte LED-Hintergrundbeleuchtung oder OLED
- Fehlerfreie Durchzeichnung von dunklen und hellen Bildbereichen⁴⁰

⁴⁰ Vgl. Trozinski, Christian: Blu-ray Magazin, 6/2015, S. 87

Die BDA hat sich zumindest bei der Ultra HD Blu-Ray auf einige unterstützende HDR-Formate geeinigt: BDMV HDR, Dolby Vision und Philips HDR. BDMV HDR wird als notwendiges Format vorgegeben, das jeder Ultra HD Player unterstützt. Dolby Vision und Philips HDR sind Formate mit zusätzlichen Eigenschaften für Discs und Player.

Sony hat sich mit einer Grafik zudem über die Kompatibilität von High Dynamic Range zwischen Ultra HD Blu-Ray, Blu-Ray, UHD-Player, Blu-Ray Player und TV-Geräten geäußert.

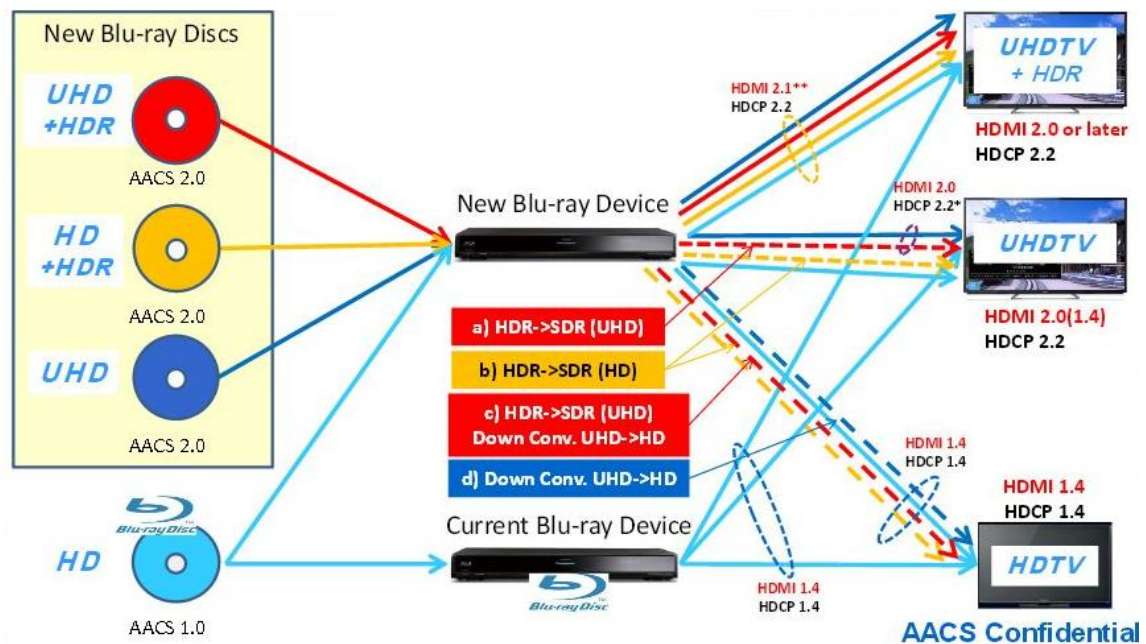


Abbildung 14: HDR-Kompatibilitätsüberblick von Sony

3.3.6 Audio

Die BDA hat für die Ultra HD Blu-Ray acht verschiedene Audioformate lizenziert. Zukünftig sind weitere Audiosysteme wie AC-4 von Dolby oder DTS UHD in Planung. Zielsetzung ist ein dreidimensionales, raumfüllendes und szenenbasiertes Klangerlebnis. Ein neuer Audio-Decoder soll ungünstige Lautsprecher-Platzierungen mit einbeziehen und diese soweit korrigieren, dass ein optimales Ergebnis zustande kommt.⁴¹ Im japanischen Super Hi-Vision (entspricht UHDTV) wird der Surround-Ton mit einem

Abb. 14 entnommen aus: <http://www.4kbluray.de/geheime-sony-dokumente-geben-infos-zur-neuen-4k-bluray/>, Abruf: 29.11.2015

⁴¹ Vgl. Raabe, Benjamin: Komponenten eines UHDTV Systems im Heimbereich, 2015, S. 11

22.2-System mit zwanzig Decken-, Ebenen- und Bodenlautsprechern sowie zwei Subwoofern auf die Spitze getrieben.⁴²

	Codec	LPCM	Dolby Digital	Dolby Digital Plus	Dolby Lossless	DTS digital surround	DTS-HD	DRA	DRA Extension
Primary Audio	Max. bitrate	27.648 [Mbps]	640 [kbps]	4.736 [Mbps]	18.64 [Mbps]	1.524 [Mbps]	24.5 [Mbps]	1.5 [Mbps]	3.0 [Mbps]
	Max.ch	8(48kHz, 96kHz), 6(192kHz)	5.1	7.1	8(48kHz, 96kHz), 6(192kHz)	5.1	8(48kHz, 96kHz), 6(192kHz)	5.1	7.1
	bits/sample	16, 20, 24	16 – 24	16 – 24	16 - 24	16, 20, 24	16 - 24	16	16
	Sampling frequency	48kHz, 96kHz, 192kHz	48kHz	48kHz	48kHz, 96kHz, 192kHz	48kHz	48kHz, 96kHz, 192kHz	48kHz	48kHz, 96kHz

Abbildung 15: Acht Soundsysteme hat die BDA für die UHD Blu-Ray lizenziert

⁴²Vgl. NHK Science & Technical Research Laboratories: 22.2 Multichannel Sound System for Ultra High-Definition TV, 2007, S. 1

Abb. 15 entnommen aus: Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Read-Only Format, 2015, S. 24

4 Der VoD-Markt in Deutschland

Der Begriff Video-on-Demand ist spätestens seit dem Einstieg des US-Unternehmens Netflix in den Deutschen Streaming-Markt im Jahr 2014 in aller Munde. Bevor der Durchbruch ins deutsche Wohnzimmer gelang, hatte es VoD nicht ganz leicht. Das ist vollkommen nachvollziehbar, da VoD aufgrund der anfänglichen Bindung an den Computer als Nischenprodukt angesehen wurde, das bei weitem nicht an lineares Fernsehen heranreichen würde. Erst mit der Entwicklung von Smart-TVs und der Verknüpfung von Streaming-Dienstleistenden mit dem Fernseher wurde VoD als vollwertiges Unterhaltungsinstrument wahrgenommen. Netflix erhöhte 2014 zusätzlich Druck auf deutsche VoD-Anbieter und erweiterte den Markt. Anbieter wie Amazon, Watchever oder Snap by Sky waren gezwungen nachzuziehen und ihre Geschäftsmodelle lukrativer zu gestalten.

4.1 Geschäftsmodelle und allgemeines

Das Verständnis zu Video-on-Demand kann sehr vielfältig ausfallen. Der Kerngedanke, der hinter VoD steckt, lautet wie folgt:

Der Begriff umfasst Technologien, welche "[...] Videoinhalte auf zentralen Speicherplätzen zu Verfügung stellen, die zu beliebiger Zeit 'auf Verlangen' abgerufen werden können. Der Nutzer kann die Videodaten entweder zeitgleich oder zeitversetzt ansehen, er kann sie ausleihen oder kaufen und auf unterschiedlichen Geräten (PC, Fernseher, Telefon, tragbarer Player usw.) während einer bestimmten Dauer oder unbegrenzt abspielen."⁴³

Video-on-Demand hat sich im Laufe der Zeit als neuer Distributionsweg von Videoinhalten etabliert. Das Streaming umfasst nicht nur klassische Online-Videotheken, sondern auch Mediatheken, Streamingseiten wie Myvideo und Youtube oder Live-Streams, die auf diversen Webseiten oder Communities angeboten werden. In den folgenden Abschnitten stehen allerdings Online-Videotheken und Dienstleister im Vordergrund, die Ultra HD-Inhalte anbieten und mit verbreiteten Offline-Inhalten wie der Ultra HD Blu-Ray konkurrieren. Bevor die UHD-Angebote analysiert werden können, muss der noch relativ junge Distributionsweg Video-on-Demand mit seiner Funktionalität sowie den VoD-Geschäftsmodellen noch etwas tiefergreifender betrachtet werden.

⁴³ NPA Conseil: Video on Demand in Europa, 2007, S. 11

Streaming funktioniert - wie schon in der Definition kurz erläutert - über den Zugriff auf eine abgelegte Videodatei, die sich auf einem Server eines Dienstleisters befindet. Nutzer haben auf der Seite des Anbieters die Möglichkeit auf diese Datei zuzugreifen. Zeitgleich, zeitversetzt und wenn zugelassen beliebig oft. Der Dienstleister entscheidet mit verschiedenen Streaming-Modellen über die Verbreitung seiner Inhalte und verteilt Dateirechte, die sich der Streamer entweder erkauft oder die ihm in manchen Fällen auch kostenlos zur Verfügung stehen. Da Video-on-Demand auf die Bandbreiten der User angewiesen ist, müssen Anbieter wie bei optischen Datenträgern auf effiziente Kompressionsmethoden setzen. Hierbei kommen die geläufigen Standards H.264 oder H.265 und im Falle von Audio MPEG-1 Audio Layer 3 oder AAC zum Einsatz. Während des Streamings findet kein Download im eigentlichen Sinne statt. Der Player legt einen sogenannten Puffer an, der nicht den ganzen Film beinhaltet, sondern nur einen kleinen vorauslaufenden Teil. Im Falle einer inkonstanten Internetverbindung - was bei WLAN bspw. üblich ist - greift der Player dann auf die vorgeladenen Inhalte zurück, sodass der Stream nicht unterbrochen wird. Damit kann der Nutzer leichter vor- und zurückspulen ohne eine lange Wartezeit in Kauf zu nehmen. Beim progressiven Download ist es während der Wiedergabe dagegen nur möglich inmitten des zwischengepufferten Bereichs vor und zurück zu springen. Will man zum Ende springen, muss solange gewartet werden, bis der Download die gewünschte Stelle erreicht hat. Die Anforderungen an einen ruckelfreien Stream sind von Anbieter zu Anbieter unterschiedlich. Je nachdem mit welcher Qualität die Video- bzw. Audiodateien abgerufen werden. Darauf wird in den folgenden Kapiteln eingegangen.

Um die Filmangebote so gut wie möglich vermarkten zu können, sind Anbieter mit diversen Geschäftsmodellen aufgestellt. Einige Modelle haben im Wandel der Zeit an Bedeutung verloren bzw. ließen sich nicht gut genug verkaufen. Andere, wie das Abonnement, haben großen Zuspruch erhalten und prägen daher die aktuelle VoD-Marktlage. Auf die Wichtigsten soll in diesem Absatz näher eingegangen werden. Weitere werden in der unteren Tabelle (Abb. 16) nur aufgezählt und kurz umrissen.

- Free-Video-on-Demand (FVoD)

FVoD umfasst alle kostenlosen und für jedermann frei zugänglichen Streamingportale. Damit ist FVoD auch die am häufigsten verwendete Form des VoD. Freie Angebote dieser Art finanzieren sich hauptsächlich durch Werbung in Form von Werbeclips innerhalb eines Videos. Meist kommen solche Spots als "Pre-Roll", "Mid-Roll" oder "Post-Roll" in einem Video vor. Das heißt, vor, während oder am Ende eines Videos.⁴⁴

⁴⁴ Vgl. Brückner Claudia: Bildet Video-on-Demand die Zukunft von Film und Fernsehen?, 2013, S. 29

Der Nutzer kann den Werbespot erst nach einer bestimmten Zeit oder gar nicht überspringen. Die Finanzierung von Mediatheken erfolgt bei den Privaten ebenfalls durch Werbung und bei den Öffentlich-Rechtlichen durch die Rundfunkgebühren. Manche Online-Videotheken bieten auch kostenlose Inhalte an.

- Transactional-Video-on-Demand (TVoD)

TVoD ist ein Pay-Per-View-Verfahren (PPV), das heißt es basiert auf einem Leiheinzelauftrag. Dabei wird Zugriff auf einen bestimmten Stream gewährt, der dann innerhalb einer Zeitperiode angeschaut werden muss, bevor die Rechte des PPV verfallen. Meist sind das 48 Stunden. In manchen Fällen kann der Stream beliebig oft wiederholt werden, in anderen handelt es sich um einen einmaligen Stream. Der Nutzer zahlt also wie in einer klassischen Videothek eine Art Leihgebühr und muss sicherstellen, dass sein Internetanschluss für den Zeitraum zur Verfügung steht. Die Gebühren für SD- und HD-Inhalte fallen unterschiedlich aus.⁴⁵

- Subscription-Video-on-Demand (SVoD) / Abonnement

Beim SVoD handelt es sich sozusagen um ein klassisches Abonnement. Die Flatrate ist ein beliebtes Modell der Provider, da hier eine konkrete Kundenbindung zum Greifen kommt. Meistens zahlt der Nutzer eine monatliche Grundgebühr und hat dafür Zugriff auf bestimmte Teilgebiete der Online-Videothek bzw. auf das komplette Film- und Serienangebot des Anbieters. Da ein Vertrag zustande kommt, muss vor Abbruch des Abonnements eine Kündigung erfolgen. Viele Anbieter gewähren den Kunden einen Monat kostenlose Probezeit, danach geht diese in ein Abonnement über. Alle Filme und Serien können im Rahmen einer Flatrate beliebig oft und teilweise auch über mehrere Geräte gleichzeitig abgerufen werden. Verschiedene Abo-Pakete halten noch mehr Möglichkeiten bereit.⁴⁶

⁴⁵ Vgl. Brückner Claudia: Bildet Video-on-Demand die Zukunft von Film und Fernsehen?, 2013, S. 28

⁴⁶ Vgl. NPA Conseil: Video-on-Demand in Europa, 2007, S. 47

	Kurzbeschreibung	Bezugsform	Bezahlform	Ausmaß der Nutzungsrechte	Anbieter
Free VoD	Frei abrufbare Inhalte, die in der Regel (nur) der Kundenbindung sowie der Gewöhnung der Zuschauer an VoD als Dienst dienen	Stream	kostenlos	Leihen, Nutzungszahl und Dauer je nach Anbieter	Maxdome, Videoload
EST (DTB) Electronic Sell Through (Download to Burn)	Elektronischer Erwerb eines Films mit anschließender Möglichkeit zum Download und zur uneingeschränkten Nutzung inklusive DVD-Brennens	Download	Einmalzahlung pro Filmerwerb	Kaufen, sämtliche Nutzungsrechte einschließlich DVD-Brennen	Videoload, Media Markt
EST (DTO) Electronic Sell Through (Download to Own)	Elektronischer Erwerb eines Films mit anschließender Möglichkeit zum Download und zur uneingeschränkten Nutzung exklusive DVD-Brennens	Download	Einmalzahlung pro Filmerwerb	Kaufen, sämtliche Nutzungsrechte ausschließlich DVD-Brennen	iTunes Store, Videoload, Maxdome, Media Markt
EST (DTR) Electronic Sell Through (Download to Rent)	Elektronischer Erwerb eines Films mit anschließender Möglichkeit zum Download und zur uneingeschränkten Nutzung für einen begrenzten Zeitraum	Download	Einmalzahlung pro Filmerwerb	Kaufen, unbegrenzte Nutzungsrechte für eine begrenzte Dauer	-
A-VoD Ad-supported Video-on-Demand	Werbefinanzierung. Einbindung von Pre-, Mid-, Postroll- oder Player-Werbung zur Finanzierung	Stream	Kostenlos mit Werbung	Leihen, Nutzungszahl und Dauer je nach Anbieter	MSN Movies
S-VoD Subscription Video-on-Demand	Auswahl aus einem umfangreichen Produktkatalog zu einem monatlichen Paketpreis	Stream oder Download	Monatliche Grundgebühr	Leihen oder Kaufen, Nutzungszahl und Dauer je nach Anbieter und Tarif	Lovefilm, Maxdome
T-VoD Transactional Video-on-Demand	Nutzer erwirbt für i. d. R. 24 oder 48 Stunden das Recht, den Film je nach Anbieter einmal oder so oft wie gewünscht anzuschauen.	Stream oder Download	Pay-per-view	Leihen, einmalige oder mehrmalige Nutzung innerhalb eines Zeitfensters (24h oder 48h)	Videoload, Maxdome, iTunes Store, Lovefilm

Abbildung 16: Übersicht aller VoD-Geschäftsmodelle⁴⁷

4.2 Aktuelle Marktsituation

Aktuell hat sich VoD in Deutschland im kostenpflichtigen Streamingmarkt etabliert. Kostenlose Seiten und Portale wie Myvideo, Youtube, Vimeo etc. seien bei der Marktanalyse außen vor gelassen. Diese treiben das Thema UHD zwar voran, konkurrieren aber nicht ausschlaggebend um den kostenpflichtigen Film- und Serienmarkt der via DVD, Blu-Ray, TVoD, SVoD, Pay-TV und bald auf Ultra HD Blu-Ray vertrieben wird.

Der VoD-Markt befindet sich weltweit auf einem aufsteigenden Ast. In den USA ist Video-on-Demand sehr beliebt und steht mit dem linearen TV auf bzw. schon über Augenhöhe. Das Consulting-Unternehmens Deloitte ermittelte in den USA die Mediennutzung von Fernsehen und Video-on-Demand. Das Ergebnis sprach für das Streaming: 45% klassischer TV-Nutzer stehen 53% von Online-Streamern gegenüber.⁴⁸ Dieses Resultat hat seine Gründe in der Mediennutzung, die mit Deutschland nicht zu vergleichen ist. Der US-TV-Markt hält im Gegensatz zu dem deutschen Fernsehmarkt nur wenige Free-TV-Angebote bereit. Die film- und serienbegeisterten US-Bürger haben also keine andere Wahl als in Pay-TV-Content zu investieren.⁴⁹ Video-on-Demand scheint daher perfekt auf die Bedürfnisse der US-Amerikaner zugeschnitten zu sein. Aus diesem Grund geht das Bezahlmodell problemlos auf und trifft auf großen Zuspruch, der sich auf die Umsätze und schließlich auch die Vorreiterrolle von VoD weltweit auswirkt. Größter VoD-Provider in den USA ist Netflix mit 92% des weltweiten Umsatzes.

Der Streaminggigant ist seit 2014 am deutschen Markt aktiv und hat das Image und die Marktlage von VoD in Deutschland entscheidend vorangetrieben. Mittlerweile nutzen laut Branchenverband Bitkom rund 10 Millionen Deutsche VoD-Portale.⁵⁰ Trotzdem hält Netflix in Deutschland nicht die führende Position inne, da die Konkurrenz mit attraktiven Preisangeboten dagegenhält. Laut repräsentativen Umfrage von Goldmedia wird Amazon Prime Video mit über 33% Anteil am häufigsten genutzt.⁵¹ Netflix liegt in dieser Umfrage mit 8% auf Platz vier. Über 1000 Menschen wurden bei der Erhebung befragt.

⁴⁸ Vgl. Wiggerbröcker, Claudia: <http://boerse.ard.de/anlagestrategie/branchen/vod-holt-tv-in-den-usa-ein100.html>, Abruf: 30.10.2015

⁴⁹ ebd

⁵⁰ Vgl. Bitkom: Markt für Online-Videotheken wächst rasant, Abruf: 14.12.2015

⁵¹ Vgl. Goldmedia: <http://www.goldmedia.com/newsletter/presseverteiler/pressemeldung-24022015-vod-nutzung-deutschland.html>, Abruf: 02.12.2015

TOP Video-on-Demand-Anbieter in Deutschland, Nutzerbefragung im Februar 2015

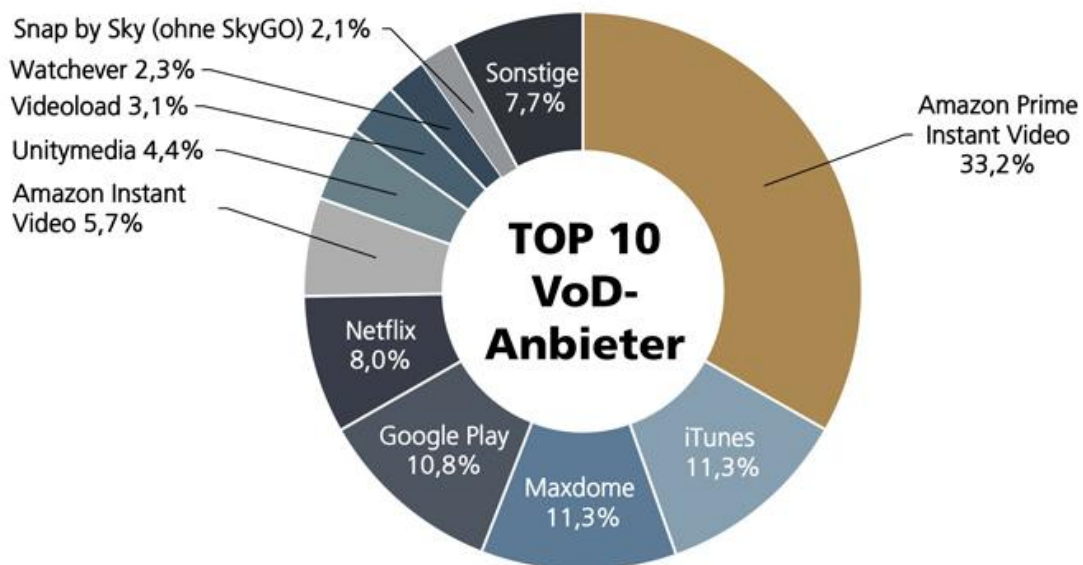


Abbildung 17: Goldmedia-Umfrage zur VoD-Nutzung

Um ihren Nutzern einen noch größeren Exklusivitätsgehalt zu schaffen, produzieren viele Streamingdienste eigene Formate. Amazon Instant Video und Netflix haben bereits eigene Serien produziert, die nur auf deren Portalen abgerufen werden können. Aber auch andere Anbieter wie Watchever oder Snap by Sky sind in die Offensive gegangen und halten Features wie den Offline-Modus und gleichzeitige Gerätenutzung bereit. Mit übergreifenden Mediatheken und Zusammenarbeit mit TV-Sendern bringen VoD-Dienste auch TV-Formate auf ihr Portal. Maxdome bspw. bietet diverse deutsche Kochshows und das Erfolgsformat "Circus Halligalli" als Stream an.⁵²

4.3 VoD und 4K

In diesem Kapitel wird auf die Funktionalität von UHD sowie das bisher bestehende Angebot und die technischen Herangehensweisen von Streamingprovidern im Umgang mit 4K eingegangen. Das aktuelle 4K-Streamingangebot ist aufgrund des schnellen Marktwandels schwer erfassbar. Repräsentativ wurden daher drei Beispielp portale untersucht. Youtube als kostenloses Angebot steht stellvertretend für FVoD. Exemplarisch für alle SVoD und TVoD-Anbieter wurden Netflix und Amazon Video in das

⁵² Vgl. Graf, Stefan: Blu-Ray Magazin, 7/2015, S. 10

Abb. 17 entnommen aus: <http://www.goldmedia.com/newsletter/presseverteiler/pressemeldung-24022015-vod-nutzung-deutschland.html>, Abruf: 22.12.2015

Kapitel aufgenommen. Beide sind darüber hinaus mit eigenen Angeboten momentan Vorreiter beim Thema 4K-Streaming.

4.3.1 Youtube

Das US-amerikanische Videoportal für Videoclips hat bereits im Juli 2010 den 4K-Upload mit einer Auflösung bis zu 4096 × 2304 Pixeln freigeschalten. Der aktuelle Stand erlaubt die für 16:9 standardisierte Ultra HD Auflösung von 3840 × 2160 Pixeln. Die Bildwiederholungsrate beträgt 60 fps (Frames per Second) und sorgt damit theoretisch für eine flüssige Bildwiedergabe. Dass sich Youtube schon seit 2010 mit 4K beschäftigt und Uploads zulässt wirkt auf den ersten Blick nicht ganz nachvollziehbar. Schließlich ist die Verweildauer des Clipportals im Gegensatz zu richtigen Online-Videotheken sehr viel geringer. Das Videoportal lässt trotzdem Uploads jenseits von 10 oder 15 Minuten zu. Verschiedene Kanäle bieten ihren Abonnenten sogar Spielfilme in voller Länge an. Mit einer Freischaltung sind theoretisch Videolängen von bis zu 11 Stunden und einer Dateigröße von maximal 128 GB möglich.⁵³ Für die kostenlose Nutzung bleibt das alte Zeitfenster und eine Uploaddateigröße von 2 GB bestehen. Die Eckdaten des "Premiumaccounts" bestätigen die 4K-Funktionalität. Da Youtube allerdings noch primär über mobile Endgeräte wie Laptop, Smartphone oder Tablet genutzt wird, steht hinter dem Thema UHD ein kleines Fragezeichen. Denn erst mit Bildschirmdiagonalen ab 55 bzw. 65 Zoll aufsteigend wird das volle Potential des ultra-hochauflösenden Formats ausgeschöpft. Auf vielen Smart-TVs ist Youtube als App vorinstalliert, womit eine Wiedergabe auf dem Fernseher mit 1080p natürlich möglich ist. In dieser Hinsicht stehen Online-Videotheken jedoch an vorderer Stelle, da diese das bessere Serien- und Filmangebot besitzen. Auf der anderen Seite macht UHD auf Youtube durchaus Sinn. Einige Smartphones auf dem Markt wie bspw. das Sony Xperia Z3 Compact können Videoclips mit 4K auflösen. System-, Kompakt- und Spiegelreflexkameras sind auch schon in der Lage die volle 4K-Auflösung abzuspeichern. Daher bietet Youtube seinen Nutzern eine gute Plattform um UHD-Inhalte zu publizieren. Wo -wie im Falle von VoD oder optischen Datenträgern- noch Inhalte des neuen Standards fehlen, kann der Mangel mit eigenen Videos auf Youtube aufgefangen werden.

Technisch betrachtet gibt es allerdings ein Manko. Youtube codiert seine Videos nicht mit dem H.265-Codec, sondern mit VP9 aus dem Hause Google. Der Kompressionsstandard ähnelt sich zwar dem HEVC/H.265-Codec, beide sind aber trotzdem inkompatibel. Da die aktuellen UHD-Fernseher mit HEVC ausgestattet sind, scheitert es an

⁵³ Vgl. Google Support: <https://support.google.com/youtube/answer/71673?hl=de>, Abruf: 19.12.2015

der Wiedergabe von 4K-Material via Smart-TV.⁵⁴ Selbst die Wiedergabe auf dem PC bringt einige Anforderungen mit sich. Zum einen ist ein 4K-fähiger Bildschirm notwendig, der nativ mit 2160p auflöst. Um einen flüssigen Stream zu gewährleisten ist weiterhin eine sehr gute Hardware Voraussetzung. Die VP9-Codierung verlangt zusätzlich nach speziellen Decodern, die nur in wenigen Hardware-Systemen von Desktops und Notebooks verbaut sind. Youtube-Clips werden mit einer Bitrate von bis zu 93 Mbit/s übertragen.⁵⁵ Demzufolge reicht eine DSL-Leitung mit rund 16 Mbit/s kaum aus. Für flüssige Wiedergaben sollte mindestens mit 50 Mbit/s gestreamt werden.⁵⁶ Lange Videoclips in 4K werden vorerst nicht möglich sein, da bei einer Laufzeit um die drei Minuten eine Datenmenge von bis zu 1,5 GB anfällt. Google Chrome wird zwecks VP9-Codierung vorausgesetzt.

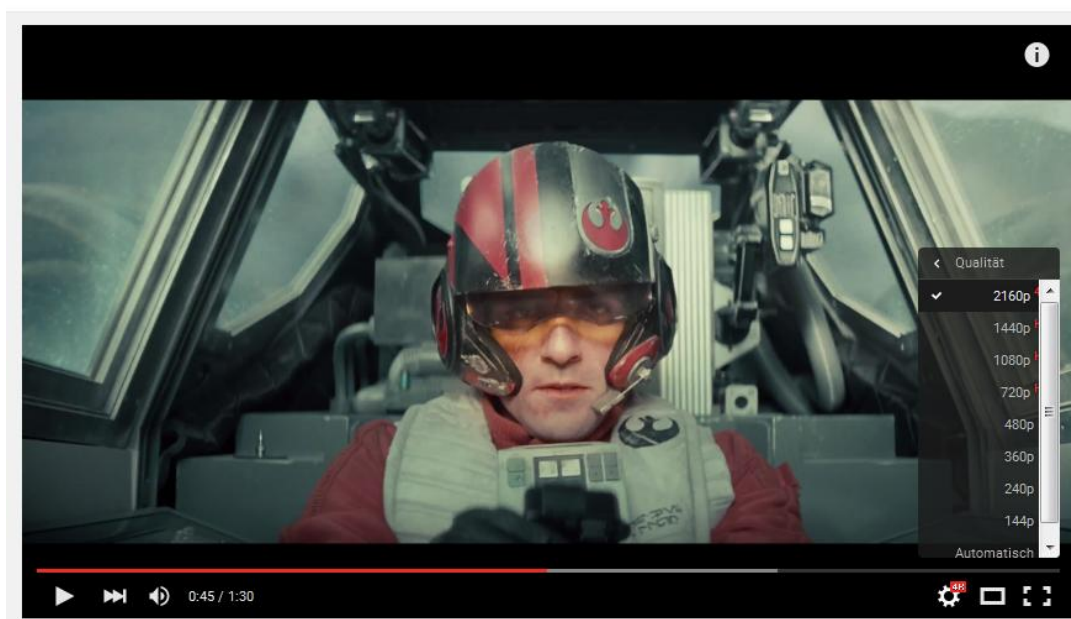


Abbildung 18: Trailer von Star Wars 7 in 2160p

⁵⁴ Vgl. Otter, Reinhard: <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/4k-stream-ultra-hd-filme-streamen-2164572.html>, Abruf: 19.12.2015

⁵⁵ Vgl. Sauter, Marc: <http://www.golem.de/news/2160p60-youtube-startet-fordernde-60-fps-videos-in-scharfem-4k-1503-113216.html>, Abruf: 21.12.2015

⁵⁶ Vgl. ebd.

Abb. 18 entnommen aus: Screenshot www.youtube.com

4.3.2 Amazon Video

Amazon Video ist in Verbindung mit der Prime-Mitgliedschaft laut einer Befragung von Goldmedia das am häufigsten genutzte Streamingportal in Deutschland. Mit 49 Euro jährlich hat Amazon das beste Preis-Leistungs-Verhältnis und ist zugleich der günstigste SVoD-Dienst.⁵⁷ Der Video-on-Demand Dienstleister ist seit dem 26. Februar 2014 als Produkt des Zusammenschlusses von Amazon Prime und der Online-Videothek Lovefilm auf dem Markt. Seit 2013 existieren die Amazon Studios, die eigens für Amazon Video Filme und Serien produzieren. Amazon produziert Serienpilotfolgen, die aus eingereichten Drehbüchern von Zuschauern basieren. Die am besten bewerteten Serien werden als komplette Staffeln aufbereitet und veröffentlicht.⁵⁸ Amazon Video kann über verschiedene Wege bezogen werden. Über den Internetbrowser kann Amazon Video direkt auf dem PC bzw. über mobile Endgeräte von iOS und Android genutzt werden. Mithilfe von Smart-TV gelangen Filme und Serien auf den Fernseher. Dazu ist ein Internetzugang nötig sowie eine Kompatibilität des TV-Herstellers mit der App von Amazon Video. Auf die gleiche Weise können Blu-Ray-Player und Spielekonsolen mit Netzwerkzugang mit Amazon kooperieren. Zusätzlich bietet Amazon "Amazon Fire" und "Fire TV-Sticks" an. Weitere hauseigenen Produkte wie Kindle unterstützen Amazon Video ebenso.⁵⁹

Neben dem Prime Abonnement gibt es auch noch ein normales Amazon Video-Abonnement, bei dem eine monatliche Zahlung erfolgt. Die Angebote beider Abos unterscheiden sich. Prime-Besitzer haben nicht gleichzeitig Zugriff auf alle Filme und Serien, sondern nur auf ein ausgewähltes, sich änderndes Sortiment. Laut Amazon umfasst Prime ständig an die 15.000 Titel, der Amazon Shop mehr als 50.000 Titel.⁶⁰

Amazon Video setzt auf 4K mit der standardisierten Auflösung von 3840 × 2160 Pixeln und hat ausgewählte Filme und Serien im Angebot. Nicht alle sind deutsch synchronisiert. Teilweise sind Nutzer auf Untertitel angewiesen, teilweise auf den Originalton. UHD-Inhalte werden mit einer Bitrate von 15 Mbit/s bezogen. Der Player prüft dabei selbstständig, ob die Bandbreite des Internetanschlusses ausreicht und passt dann die Qualität des Streams automatisch an. Die 15 Mbit/s, die im Stream anliegen, sollten

⁵⁷ Vgl. Amazon: <https://www.amazon.de/gp/help/customer/display.html?nodeId=201061460>, Abruf: 20.12.2015

⁵⁸ Vgl. Fuest, Benedikt: <http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article146679342/Was-Ama-zon-den-Hollywoodstudios-voraus-hat.html>, Abruf: 20.12.2015

⁵⁹ Vgl. Amazon: <https://www.amazon.de/gp/help/customer/display.html?nodeId=201061460>, Abruf: 20.12.2015

⁶⁰ Vgl. ebd.

theoretisch von einem Anschluss mit 16 Mbit/s realisiert werden. Ein Test im PC Magazin bestätigte dies allerdings nicht. Amazon blieb demnach im Full HD-Modus hängen und wechselte nicht zu Ultra HD. Der Grund liegt in der inkonstanten Internetdatenrate, die nicht durchgehend im vollem Umfang vorliegt, sondern eher darunter. Erst mit einem 50 Mbit/s-Anschluss wurde UHD bei Amazon möglich.⁶¹ Amazon empfiehlt daher neben mindestens 15 Mbit/s und in einigen Fällen 20 Mbit/s an verfügbarer Bandbreite. Um für die neuesten UHD-Geräte kompatibel zu sein, nutzt Amazon den fortschrittlichen HEVC/H.265 Kompressionsstandard. Der Amazon Fire TV der zweiten Generation unterstützt neuerdings auch Ultra HD. Nun ist für den Nutzer eine eigene Kategorie mit Ultra HD-Inhalten sichtbar. Damit ein verschlüsselter Datenaustausch zustande kommt setzt Amazon auf HDCP (High-bandwidth Digital Content Protection).

4.3.3 Netflix

Netflix ist als Videothek seit 1997 auf dem US-amerikanischen Markt. Zu Beginn handelte es sich bei Netflix noch um ein klassisches Verleihsystem, bei dem Filme per Post versendet wurden. Nachdem der Kunde sich den Film angesehen hat, konnte er diesen portofrei zurück zum Anbieter senden. Die Abwicklung der Transaktion erfolgte aber schon damals online.⁶² Erst zehn Jahre später, 2007, rüstete der Konzern mit einem VoD-Aufgebot auf. In Deutschland ging Netflix im September 2014 mit einer großen Marketingoffensive an den Start. Mittlerweile hat sich das Verleihsystem des Anbieters vom Einzelfilmverleih hin zum beliebten Abonnement entwickelt. Dazu bietet Netflix drei Abo-Modelle an. Ab 7,99 Euro pro Monat kann bereits das gesamte Film- und Serienangebot genutzt werden, allerdings nicht in High Definition. HD gibt es für 9,99 Euro monatlich. Für Ultra HD verlangt Netflix 11,99 Euro.⁶³ Zudem kann das Abo in dieser Version mit vier Geräten gleichzeitig genutzt werden.

Netflix hat sich vor allem mit seinen Serien-Eigenproduktionen im VoD-Geschäft einen Namen gemacht. Seit 2013 produziert der Provider regelmäßig eigene Serien die bis heute mit diversen Auszeichnungen prämiert werden. David Fincher's Politserie *House of Cards* wurde mehrmals mit dem Emmy Primetime Award und dem Golden Globe Award ausgezeichnet.

⁶¹ Vgl. Otter, Reinhard: <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/uhd-streaming-angebote-netflix-amazon-instant-video-vergleich-3011835.html>, Abruf: 22.12.2015

⁶² Vgl. Erik, Heinitz, 2011, S. 50

⁶³ Vgl. Netflix.com

Damit Ultra HD mit Netflix möglich wird, braucht es gewisse Voraussetzungen. Zunächst benötigt man einen ultrahochauflösenden Fernseher der die 3840 x 2160 Bildpunkte wiedergeben kann. In jedem Falle müssen Kunden die Kompatibilität mit TV-Geräten, Set-Top-Boxen und Blu-Ray-Playern vorab prüfen. Netflix prüft vor der Wiedergabe, ob alle Soft- und Hardwareanforderungen erfüllt sind. Während des Streams wird die maximale Bandbreite ermittelt und daraufhin die Wiedergabequalität angepasst. Für Ultra HD gibt Netflix eine offiziell erforderliche Bandbreite von 25 Mbit/s an. Im Praxistest des PC Magazins in Verbindung mit dem Ultra HD TV Panasonic UE55HU8590 reichten 16 MBit/s aus. "Spannend wurde es am mittelschnellen Anschluss mit 16 Mbit/s. Hier spielte nur Netflix seine UHD-Inhalte in voller Auflösung ab - es dauerte aber deutlich länger als am High-Speed-Anschluss, bis der UHD-Stream startete. Doch dann stand er in der selben Qualität."⁶⁴ Im Datendurchsatz-Protokoll verfolgte das Testteam in den ersten Minuten einen extrem hohen Datendurchsatz an der Grenze der möglichen 16 MBit/s. Nach fünf Minuten ließ die Pufferung des Streams etwas nach.⁶⁵ Mit dem 50 Mbit/s-VDSL-Anschluss dauerte es nur wenige Sekunden bis UHD mit 2160p anliegt. Die Bildqualität begutachtete die Testredaktion mit Vergleichsbildern von Satellitenübertragungen von Astra. Diese werden im Gegensatz zu VoD mit doppelt so hohen bzw. deutlich höheren Datenraten übertragen. Lobend wurden neben dem knackigen Gesamteindruck des Bilds die stufenlosen Farbverläufe hervorgehoben. Netflix quantisiert seine Farben mit 10 Bit. In Filmsequenzen mit schnellen Schwenks bzw. Bewegungsabläufen macht sich der Nachteil der niedrigen Datenrate bemerkbar. Die knackig-scharfe Auflösung verliert dann erwartungsgemäß sehr schnell an Detailauflösung. Was die Kompression angeht, so codiert Netflix wie Amazon Video mit HEVC/H.265.⁶⁶

⁶⁴ Otter, Reinhard: <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/uhd-streaming-angebote-netflix-amazon-instant-video-vergleich-3011835.html>, Abruf: 20.12.2015

⁶⁵ Vgl. ebd.

⁶⁶ Vgl. ebd.

5 Herausforderung und Potential für Konsumenten von UHD-Datenträgern im Umfeld von Video-on-Demand

Dieses Kapitel führt die Schwerpunkte Ultra HD Blu-Ray und Video-on-Demand mit 4K-Auflösung zusammen. Beide Verbreitungswege werden gegenüber gestellt. Dabei bleibt die Sicht der Konsumenten auf die Thematik im Fokus. Zur Einführung der Ultra HD Blu-Ray wird der Nutzer von elektronischen Endgeräten bzw. der Heimkinofan der auf den neuen optischen Datenträger setzt vor diverse Herausforderungen gestellt. Ultra HD bildet für Nutzer von Full HD-fähigen Flachbildfernsehern und Blu-Ray-Playern eine Sackgasse. An dieser Stelle knüpft VoD an, das für eine 4K-Darstellung zumindest nur einen 4K-fähigen Bildschirm erfordert und im Handling die meisten Vorteile mit sich bringt.

Die Blu-Ray Disc Association hat in ihrer Lizenzsion der Ultra HD Blu-Ray die Spezifikationen für 3D-Heimkino nicht berücksichtigt, was bedeutet, dass die Ultra HD Blu-Ray laut dem aktuellen Stand nicht 3D-fähig sein wird. Das heißt nicht, dass die 3D Blu-Ray vor dem Aus steht. In dieser Hinsicht sind noch viele Details bis dato ungeklärt. Gleichzeitig hat die Industrie mit der Einführung der Disc die Chance einen neuen Weg der Mehrfachverwertung zu gehen. Das Stichwort lautet "Digitale Brücke". Dadurch könnte der optische Datenträger seinen eigenen Reiz bekommen. Im Blickfeld steht zudem der bislang bestehende Qualitätsanspruch der Ultra HD Blu-Ray, der von Video-on Demand noch nicht für die breite Masse erreicht werden kann.

5.1 Mehrwert "Digitale Brücke" am Beispiel "Ultraviolet"

Die digitale Brücke, auch "Digital Bridge" genannt, wäre für UHD keine neue Erfindung. Wie "Digital Bridge" im Wortlaut schon verrät, hat die digitale Brücke zum Ziel, den optischen Datenträger mit innovativen Möglichkeiten von Video-on-Demand zu verbinden. In den USA gibt es die digitale Brücke schon seit über vier Jahren in Form von "Ultraviolet" (UV), eines Dienstes der u.a. von Sony initiiert wurde. In Deutschland ist das Ultraviolet-System auch schon aktiv und hat neben Sony und Panasonic weitere Beteiligte der BDA für sich gewonnen.⁶⁷ Zu beachten ist, dass "Ultraviolet" lediglich ein

⁶⁷Vgl. Trozinski, Christian: Blu-Ray Magazin , 6/15, S. 83

Beispiel für eine digitale Brücke ist, wie sie eventuell in naher Zukunft mit UHD-Inhalten funktionieren könnte. Momentan kommt UV bei SD- und HD- Inhalten zum Einsatz und funktioniert folgendermaßen:

Beteiligte Produktionsstudios der Ultraviolet-Allianz legen ihren DVD oder Blu-Ray-Verpackungen sogenannte "Digital Codes" bei. Beim Kauf einer DVD oder Blu-Ray ist der Käufer demnach Besitzer dieses Codes. Der Besitzer hat mithilfe des digitalen Codes die Möglichkeit seinen erworbenen Film bzw. Serie beim entsprechenden Filmdienst online einzulösen. Dazu hat er in der Regel zwei bis drei Jahre Zeit, danach verliert der Code seine Gültigkeit. Beim Einlösen des Codes überschreitet der Nutzer die Grenze vom haptischen Medium hin zum Streamingangebot und besitzt den Film oder die Serie nun auch online. Ob der Nutzer das Recht zum Streaming und Download der Datei hat, hängt vom Filmdienst ab. Filmcodes unterschiedlicher Verleiher müssen bislang auf unterschiedlichen Websites eingelöst werden. Der Vorteil von "Ultraviolet" ist, dass der Service alle Filmverleihe die am "Bridge-System" beteiligt sind, miteinander verknüpft und eine gemeinsame Bibliothek anlegt. In dieser hat der Nutzer Zugriff auf alle eingelösten Inhalte.⁶⁸ Das System von "Ultraviolet" versteht sich als Plattform zum Einlösen von beigelegten Filmcodes und führt somit die Verkaufskette der erworbenen DVD oder Blu-Ray fort. Deshalb muss der Dienst klar von einer Online-Videothek abgegrenzt werden.⁶⁹ Ab dem Zeitpunkt des Filmbesitzes in der "Ultraviolet-Bibliothek" unterscheidet sich das Einlösesystem nicht mehr sonderlich von Video-on-Demand. Im Falle von "Ultraviolet" erhält der Nutzer keine eigene Kopie des Films, er erwirbt mit dem Disc-Kauf nur das Recht sich den Film anzuschauen. Mit dem UV-Konto verwaltet der Nutzer zusätzlich alle Abspielgeräte und das Recht, seine Bibliothek mit bis zu fünf Freunden zu teilen.⁷⁰ Damit die Funktion des Downloads nicht missbraucht wird, erhält das heruntergeladene digitale Exemplar einen Kopierschutz, das sogenannte Common File Format (CFF). Downloads funktionieren nur mit einem Download-Manager des entsprechenden Verleihdienstes. Ein geräteübergreifender Dateitransfer ist aufgrund des Kopierschutzes nicht möglich. Auch Android-Geräte sind momentan noch nicht in der Lage UV-Filme zu laden bzw. zu streamen.⁷¹

Da "Ultraviolet" noch in den Kinderschuhen steckt bringt es viele Nachteile und einen teilweise umständlichen Umgang mit sich. Ein neuer Kopierschutz verlangt nach Un-

⁶⁸ Vgl. Blu-Ray Disc Online: <http://www.bluray-disc.de/lexikon/ultraviolet-digital-copy>, Abruf: 03.01.2016

⁶⁹ Vgl. Otter, Reinhard: <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/ultraviolet-so-gehts-digitale-filmkopie-1896934.html>, Abruf: 03.01.2016

⁷⁰ Vgl. ebd

⁷¹ Vgl. Sonypicturesstore Support: <http://redeem.sonypicturesstore.com/DE/help.html>, Abruf: 03.01.2016

terstützung aller benutzter Endgeräte. Dafür müssten sich unzählige Elektronikanbieter für "Ultraviolet" aussprechen. Ein weiterer Problemfall ist das Thema "Smart TV", das die Nutzung von online abgelegten Inhalten auf einem Fernsehgerät ermöglicht. Eine Unterstützung von UV hat bisher die "Smart TV Alliance" zugesagt, zu der u.a. Philips, LG u.a. gehören. Weitere Hersteller haben der Unterstützung des Standards noch nicht zugesagt.⁷² An dieser Stelle stößt das System von Sony auf mögliche Interessenskonflikte von Herstellern, die mit VoD-Anbietern eigene Verträge und Erlösmodelle geschaffen haben. Eine neue Allianzgründung könnte für Betroffene zu einem Widerwiderspruch bzw. unrentablen Geschäften führen. Vergleichbar wäre diese Situation mit dem Konflikt zwischen HD DVD und Blu-Ray.⁷³ Bis UV vollständig ausgereift ist wird ohnehin noch Zeit vergehen. Erst dann wird sich entscheiden ob das System nur ein kleines Feature zum Datenträger oder ein ernst zu nehmender Konkurrent von VoD-Providern ist.

Digital Bridge Export Format & Usage Rules

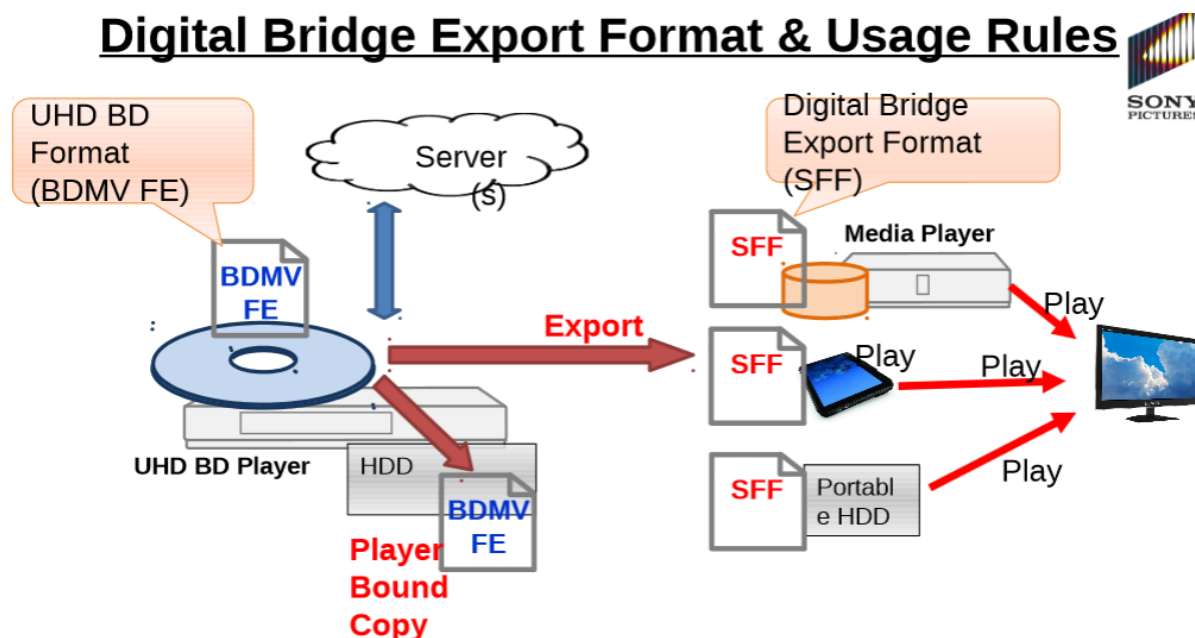


Abbildung 19: Beispielhaftes Schema zur digitalen Brücke für die UHD Blu-Ray

⁷² Vgl. Otter, Reinhard: <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/ultraviolet-so-gehts-digitale-filmkopie-1896934.html>, Abruf: 03.01.2016

⁷³ HD DVD und Blu-Ray sind zwei Allianzen die mit ihren unterschiedlichen Standards um eine einheitliche Einführung von hochauflösenden Datenträgern gerungen haben. Am Ende haben sich mehr Hersteller auf die Seite der Blu-Ray Disc Association geschlagen, die mit ihrer Blu-Ray letztendlich als Sieger des Konfliktes hervorging und ihren Standard einführen konnte.

Abb. 19 entnommen aus: Blu-Ray Magazin , 6/15, S. 83

Die Wahrscheinlichkeit ist daher hoch, dass die digitale Brücke und der neue UHD-Standard zueinander finden und voneinander profitieren. Da UHD sowieso neue Endgeräte verlangt, bietet sich die Möglichkeit von den UV-Codes Abstand zu nehmen und die digitale Brücke bereits beim ersten Abspielen der Ultra HD Blu-Ray zu aktivieren.⁷⁴

5.2 Kosten durch neue Endgeräte

Mit der Einführung von Ultra HD Blu-Rays kommt auf Konsumenten, die den Standard nutzen wollen, eine Investitionswelle zu. Die Ultra HD Blu-Ray ist in jedem Falle nur aufwärts- und nicht abwärtskompatibel und benötigt neue Hardware.

Schon seit Sommer 2013 läuft der Vertrieb von Ultra HD-Displays in Deutschland. Zu diesem Zeitpunkt war noch lange nicht an einen Standard für zuspelbares natives UHD-Material zu denken. VoD-Inhalte in 4K gab es nur vereinzelt in Form von Serien wie bspw. *House of Cards* von Netflix. Hersteller und Elektronikmärkte setzten daher auf vereinzelte Astra-Testkanäle und die Möglichkeit des UHD-Upscaling.⁷⁵ Seit dem 2. Quartal 2014 haben die Konsumenten den "Trend" UHD-TV angenommen, sodass der Absatz solcher Geräte deutlich zunahm. Im 2. Quartal 2014 existierten weltweit 2,1 Millionen UHD-Endgeräte in den Haushalten.⁷⁶ Eine Innovation stellt der sogenannte "Curved TV" dar, der auf einem gewölbten TV-Bildschirm basiert. Hintergrund ist ein erweitertes Sehvergnügen und der gleichbleibende Abstand zum Auge, der sich bei "normalen" TV-Geräten an den Seiten hin vergrößert. Vergleichbar ist die Technologie mit dem IMAX-Dome-System, bei dem ebenfalls eine gewölbte Kinoleinwand zum Einsatz kommt. Der räumliche 3D-Effekt auf die Zuschauer soll dadurch verstärkt werden. Als weitere UHD-fähige TV-Systeme sind LCD/LED und OLED zu nennen. Plasmabildschirme spielen aufgrund der Ankündigung vieler Hersteller, die Produktion solcher Geräte einzustellen, wohl keine Rolle mehr. Fest steht, dass der Verkaufsanteil von großen Bildschirmdiagonalen im Hinblick auf 4K und 8K weiter steigen wird. Denn mit der steigenden Auflösung verringert sich der minimale Betrachtungsabstand bzw. vergrößert sich die Bilddiagonale bei gleichbleibendem Sitzabstand. Im Vergleich zu HDTV wird der empfohlene Mindestabstand von UHD-TV-1 nochmals halbiert.

⁷⁴ Vgl. <http://www.4kbluray.de/player/>, Abruf: 03.01.2016

⁷⁵ Upscaling=Hochskalierung von HD in UHD durch Interpolation, d.h. neue Bildpunkte werden in Echtzeit aus den Informationen vorhandener Bildpunkten errechnet.

⁷⁶ Vgl. GfK.com: Ergebnisse zum Unterhaltungselektronikmarkt in Westeuropa - erstes Halbjahr 2014, 09/2014

Anfang 2016 hat die UHD-Allianz ein Logo für UHD-Fernsehgeräte zertifiziert, das Verbrauchern verdeutlichen soll, ob das ausgewählte Gerät die Mindestanforderungen von UHD mit allen beinhalteten Features besitzt. Mit diesem Schritt werden die Hersteller aufgerufen enger zusammenzurücken um einheitlich auf den von der UHD-Allianz festgelegten Standard hinzuarbeiten. Das Logo nennt sich "Ultra HD Premium" und bestätigt den Verbrauchern folgende Gerätespezifikationen:

- Auflösung: 3840 x 2160
- Farbtiefe: 10-bit
- Farbraum (Wide Color Gamut) / Eingangssignal: BT.2020
Display-Wiedergabe: über 90 Prozent des P3-Farbraums
- High Dynamic Range (HDR): SMPTE ST2084 EOTF (Entweder mit mehr als 1000 Nits maximale Helligkeit und weniger als 0.05 Nits Schwarzwert; alternativ mehr als 540 Nits maximale Helligkeit und weniger als 0.0005 Schwarzwert)⁷⁷

Die Ultra HD Blu-Ray erfordert zur Wiedergabe einen neuen Player. Samsung hat 2014 in Zusammenarbeit mit Warner und 20th Century Fox 4K-Filme auf einer Festplatte veröffentlicht. Insgesamt 40 Inhalte verschiedener Genre waren auf der Mediafestplatte gespeichert. Samsung's "UHD Video Pack" war allerdings eher als Experiment anzusehen.⁷⁸ Offline führt weiterhin nichts an einer echten Disc vorbei, die einen Ultra HD Blu-Ray-Player voraussetzt, der die noch dichter auf verschiedenen Schichten abgespeicherten Daten auslesen kann. Auf dem Markt existiert ein solcher Player noch nicht. Bislang bieten Player lediglich die Möglichkeit zum 4K-Upscaling. Panasonic und Samsung haben auf der IFA 2015⁷⁹ Prototypen von Ultra HD-Playern vorgestellt. Einer der ersten wird der Ultra-HD-Blu-ray-Player DMP-UB900 von Panasonic sein, der Ultra HD Blu-Rays auch herunterkonvertiert, damit eine Wiedergabe mit Full-HD-TVs möglich ist. Nach erster Erkenntnis werden die Regionalcodes der Blu-Rays entfallen. Somit werden Ultra HD Blu-Rays aus allen Ländern abgespielt.⁸⁰ Die

⁷⁷ Vgl. Business Wire: <http://www.businesswire.com/news/home/20160104006605/en/UHD-Alliance-Defines-Premium-Home-Entertainment-Experience>, Abruf: 05.01.2016

⁷⁸ Vgl. <http://www.pc-magazin.de/news/4k-festplatte-samsung-uhd-video-pack-2314294.html>, Abruf: 02.01.2016

⁷⁹ IFA= Internationale Funkausstellung in Berlin

⁸⁰ Vgl. Digitalfernsehen: <http://www.digitalfernsehen.de/Panasonic-Der-UHD-Blu-ray-Player-ist-da.135554.0.html>, Abruf: 06.01.2016

endgültige Einführung wird erst nach der Veröffentlichung erster Ultra HD Blu-Rays vollzogen.

Die Kommunikation zwischen Fernseh- und Disc-Abspielgerät wird weiterhin über HDMI erfolgen. HDMI-Kabel übertragen Bild- als auch Toninformationen. Der aktuellste Standard HDMI 2.0a ist in der Lage UHD-Inhalte zu übertragen und unterstützt als erster Standard offiziell HDR.⁸¹ Seit HDMI 2.0 wird außerdem die benötigte Datenrate für UHD-Video (unkomprimiert) von 18 Gbit/s übertragen.⁸² Mit der höchsten Bildwiederholungsfrequenz von 60 fps kann eine Farbunterabtastung von 4:2:2 vollzogen werden. Im Falle von 4:4:4 können maximal 30 Bilder pro Sekunde wiedergegeben werden.⁸³ In beiden Fällen kann die Farbtiefe 10 oder 12 Bit betragen. Damit keine Video- und Audioinhalte ungeschützt über diverse Schnittstellen übertragen werden, kommt beim UHD-Standard ein erweiterter Kopierschutz zum Tragen. HDMI hat das Verschlüsselungssystem HDCP standardmäßig integriert. Der Einsatz von HDCP 2.2 wäre möglich.⁸⁴

Die Blu-Ray Disc Association hat in ihren Spezifikationsdokumenten keine Unterstützung von 3D berücksichtigt. Das bedeutet, dass das stereoskopische Format nicht mit der Auflösung von 3840 x 2160 Pixeln lizenziert wurde. 3D behält seinen alten Full HD-Standard bei.

Wird die Ultra HD Blu-Ray in diesem Kapitel Video-on-Demand gegenübergestellt, so ist ein finanzieller Mehraufwand unverkennbar. Die Anschaffungskosten für Player erster Generation dürften hoch ausfallen. Fernsehgeräte mit 4K-Auflösung sind schon seit 2014 am Markt zu finden, weshalb die Preistendenz fallend ist. Ein TV-Gerät ist für eine wohnzimmertaugliche 4K-VoD-Nutzung mit Amazon Video oder Netflix ohnehin von Nöten. VoD-Nutzer müssen auf die Herstellerangaben achten, um zu sehen, welches Unternehmen mit welchem VoD-Anbieter eine Kooperation eingegangen ist bzw. ob der favorisierte Streamingdienst vom TV-Gerät unterstützt wird. Andernfalls müssen zusätzliche Komponenten wie z.B. der Amazon Fire TV Stick o.a. erworben werden. Im Gegensatz zum Ultra HD Player fallen die Investitionen deutlich geringer aus.

⁸¹ Vgl. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/HDMI-2-0a-unterstuetzt-HDR-fuer-realistischere-Bilder-2599274.html>, Abruf: 04.01.2016

⁸² Vgl. Extron White Paper: Hitting the moving target of 4K, 2015, S. 6

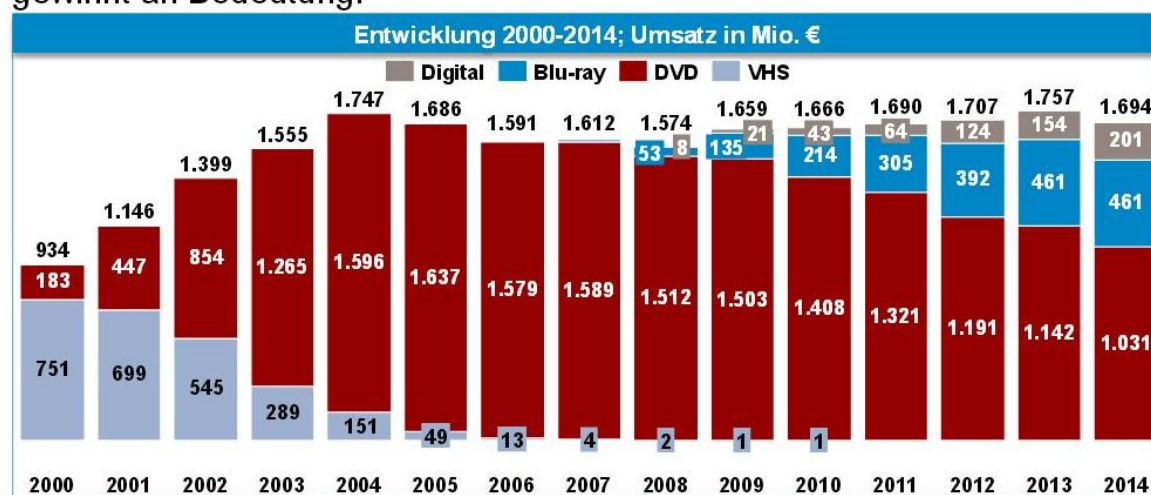
⁸³ Vgl. Raabe, Benjamin: Komponenten eines UHD TV Systems im Heimbereich, 2015, S. 11

⁸⁴ Vgl. ebd.

5.3 Pro und Contra: Erfolgsaussichten der Ultra HD Blu-Ray in Bezug auf VoD?

Die Einführung der Blu-Ray Disc 2007 in Deutschland hat bis heute gezeigt, dass den Verbrauchern der Mehrwert "Bildqualität" allein nicht ausreicht, um in neue physische Datenträger zu investieren. Bis heute hat es die hochauflösende Disc nicht geschafft, die DVD abzulösen. Die Umsätze sprechen für die DVD. Das Marktforschungsinstitut GfK analysiert jährlich den Home Video Markt. Demnach verzeichnete die Film- und Videoindustrie bei der letzten Erhebung 2014 DVD-Umsätze in Höhe von 1,03 Mrd. Euro. Seit dem Höchststand aus dem Jahr 2005 mit rund 1,6 Mrd. Euro Umsatz gehen die Einnahmen mit der DVD jährlich zurück, was mit der Blu-Ray-Einführung 2007 und dem Aufkommen von Video-on-Demand seit 2008 zu begründen ist. Nichts desto trotz bestimmt die DVD nach wie vor den Home Video Markt. Die Blu-Ray Disc erreichte 2014 Umsätze von 461 Millionen Euro. Im Vergleich zum Jahr 2013 zeigt die BD Stagnationserscheinungen, da die Umsätze von 2013 zu 2014 gleich blieben. In Anbetracht der DVD nehmen die Umsätze aus dem Blu-Ray-Verkauf nicht einmal 50% des DVD-Segments ein.⁸⁵

Home Video Markt nach Formaten: Physisches Produkt ist weiterhin für den Großteil der Umsätze verantwortlich, Digital gewinnt an Bedeutung.



Home Video physisch/digital; Alle Zeiträume: Januar-Dezember; Umsatz in Mio. €, SVoD seit 2012
© GfK 2015 im Auftrag der FFA | Der Videomarkt im Jahr 2014 | 13. Februar 2015

n 2014 = 31664

Abbildung 20: Übersicht der Umsätze von VHS, DVD, Blu-Ray und Digital

⁸⁵ Vgl. GfK: Der Videomarkt im Jahr 2014, 2015, S. 17

Abb. 20 entnommen aus: GfK.de

Noch anschaulicher wird die mangelnde Marktpräsenz der Blu-Ray bei einem Rückblick der Marktumstellung von VHS zu DVD. Innerhalb von vier Jahren überstiegen die Verkaufszahlen der DVD die der VHS. Die Blu-Ray existiert mittlerweile über acht Jahre parallel zur DVD und hat es bislang lediglich auf die Hälfte des DVD-Umsatzes gebracht.⁸⁶ Die Zahlen sprechen eine eindeutige Sprache: Die Blu-Ray Disc wurde bis heute nicht von den Verbrauchern angenommen, sondern existiert lediglich als Alternativmedium zur DVD. Bezüglich der Einführung der Ultra HD Blu-Ray lässt diese Feststellung auf eine möglicherweise ähnlich schlechte Akzeptanz schließen. Im Gegensatz dazu befindet sich Video-on-Demand auf einem aufsteigenden Ast und kommt im Jahr 2014 auf einen Umsatz von 201 Millionen Euro (SVoD und TVoD).⁸⁷ Im selben Jahr startete Netflix sein Angebot in Deutschland und kurbelte den Konkurrenzkampf der VoD-Provider an. Kommende Erhebungen werden zeigen, wie schnell der VoD-Markt fähig sein wird zu wachsen. Schon von 2013 zu 2014 zeichnete sich im Online-Verleihmarkt ein positiver Trend von plus 31% ab. Prognosen von PwC Media Trend Outlook sagen für 2016 einen VoD-Gesamtumsatz von bis zu 349 Millionen Euro voraus.⁸⁸ Das kommt den momentanen Blu-Ray-Verkaufszahlen schon sehr nahe. Dem Einfluss von Video-on-Demand sollte aus diesem Grund große Bedeutung zugesprochen werden, auch in Hinblick auf die Verbreitung von 4K.

Verkaufsargumente werden nur durch Mehrwerte geschaffen. Video-on-Demand bietet als neues Film- und Serienerlebnis reichlich Argumente. Dank des Internetzugriffs kann der Nutzer bequem Inhalte von seinen Anbieter abrufen, ohne dafür einen Schritt vor die Tür zu setzen. Das Abonnement-System (SVoD) ermöglicht zudem die Auswahl auf eine große Filmbibliothek, die jederzeit zur Verfügung steht. Zusätzlich bieten VoD-Dienste tausende Filme zum Kauf bzw. kurzzeitigen Verleih an. Das könnte auch bei 4K-Inhalten so aussehen. Die Vielfalt kennt jedoch Grenzen. Nicht jeder Anbieter hat jeden existierenden Film im Repertoire. Diesen Mangel fangen viele Anbieter mit exklusiven Eigenproduktionen wieder auf und werben mit diesen nach neuen Abonnenten. Ganze Serien die es im Kauf auf physischen Datenträgern sehr teuer zu erwerben gibt, können VoD-Nutzer kostenfrei abrufen. Die Zahlen zeigen, dass diese Mehrwerte sehr gut angenommen werden. Auf der anderen Seite stehen dem endgültigem Durchbruch des Online-Streamings noch Probleme im Weg. Dazu gehört die erforderliche Bandbreite für UHD. In der Praxis können 16 Mbit/s reichen, mindestens 20 Mbit/s werden von den Streamingdienstleistern vorausgesetzt. Dafür ist ein VDSL-Anschluss

⁸⁶ Vgl. ebd.

Abb. entnommen aus: <https://www.dutyfarm.com/de/infos/video-on-demand/>, Abruf: 04.01.2016

⁸⁷ Vgl. ebd.

⁸⁸ Vgl. <https://www.dutyfarm.com/de/infos/video-on-demand/>, Abruf: 04.01.2016

mit 50 Mbit/s nötig. Im Hinblick auf den Breitbandausbau in Deutschland liegt diese DSL-Version noch lange nicht in allen Teilen Deutschlands an. Das Glasfasernetz, das theoretisch Bandbreiten jenseits von 200 Mbit/s ermöglicht, liegt in noch fernerer Zukunft. An dieser Stelle setzt der Qualitätsaspekt von Ultra HD ein. Nur mit hoher Bandbreite können alle Spezifikationen des Standards bestmöglich umgesetzt werden, was sich schließlich in einer flüssigen Bilddarstellung mit hohem Detailreichtum widerspiegelt. Der Datenträger kann in dieser Hinsicht mit einer deutlich besseren Transferrate von bis zu 128 Mbit/s punkten. Dadurch schafft die Disc vor allem viele technische Mehrwerte wozu HDR, die erhöhte Bildwiederholungsfrequenz und die erweiterte Farbtiefe zählen. Den Funktionsumfang eines Datenträgers erreichen VoD-Angebote bis dato nicht. Das Navigationssystem der Ultra HD Blu-Ray ermöglicht mehrere Untertitel, Audioformate, Filmversionen und Bonusfeatures. Mit einem ausgeklügelten Digitalangebot in Form einer "Digital Bridge" kann die BDA weitere Mehrwerte schaffen und gleichzeitig einige Vorteile von Video-on-Demand aufgreifen und für sich nutzen. Dazu müsste ein offenes System ähnlich dem von Ultraviolet entwickelt werden an dem sich viele Produktionsfirmen und Hersteller beteiligen.

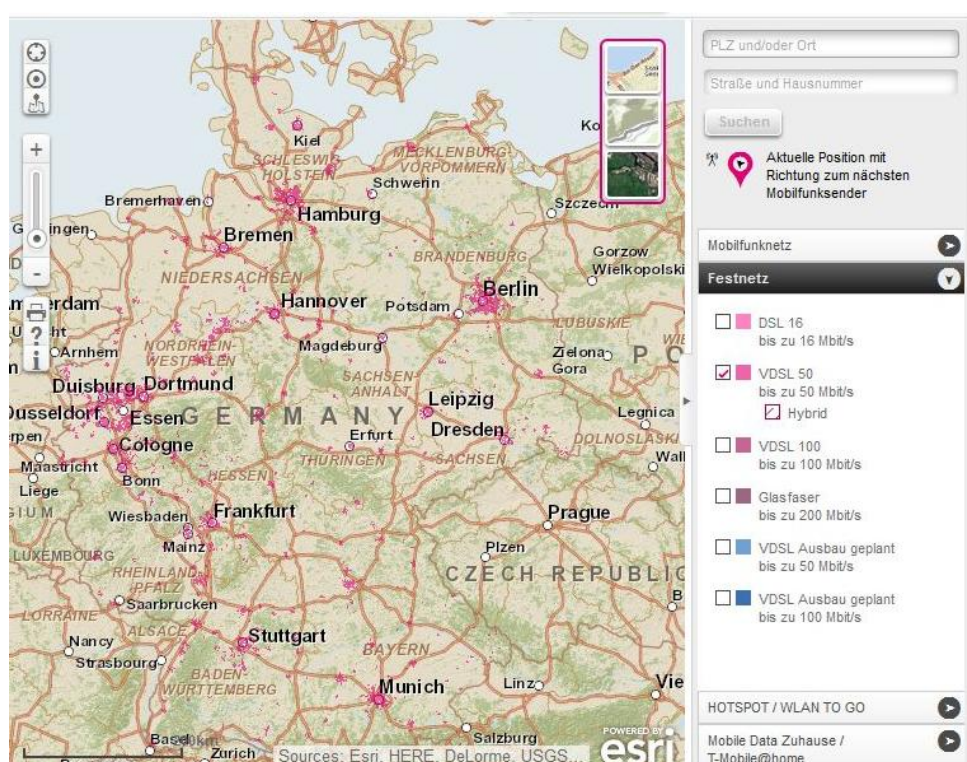


Abbildung 21: Die für UHD benötigten 50 Mbit/s-Leitungen sind längst nicht flächendeckend verfügbar⁸⁹

⁸⁹ Abb. 21: Screenshot entnommen aus: www.telekom.de, Abruf: 04.01.2016

6 Fazit

Die Forschungsfrage für diese Arbeit wurde in zweierlei Hinsicht gestellt. Zum einen verlangte die Fragestellung Antworten bezüglich der Einführung eines neuen physischen Datenträgers, der Ultra HD Blu-Ray. Ab 2016 werden Konsumenten mit dem neuen Medium konfrontiert. Da die Thematik in der Zukunft liegt hat sie einen hohen Aktualitätswert. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit analysiert, auf welcher technischen Grundlage die Ultra HD Blu-Ray basiert und welche Herausforderungen bzw. Potentiale die Disc für Konsumenten mit sich bringt. An dieser Stelle stellte sich eine weitere Frage. Optische Datenträger verlieren immer mehr an Zuspruch, das Internet bringt mit der Möglichkeit des Video-on-Demand einen neuen und innovativen Verbreitungsweg für Videoinhalte mit sich. Die zweite Frage lautet daher: Ist es noch sinnvoll für ein möglicherweise ins Randsegment abdriftendes Medium Investitionen zu ergreifen und in Produktion zu gehen? Oder wäre es nicht zeitgemäßer UHD von Anfang an nur in VoD zu implementieren? Beide Forschungsfragen konnten eindeutig beantwortet werden.

Hervorzuheben sei an dieser Stelle der Irrglaube, dass die Ultra HD Blu-Ray nur ein weiterer Versuch ist eine noch höhere Auflösung zu erzielen. In dieser Hinsicht hat die Ultra HD Blu-Ray der Blu-Ray etwas voraus. Der Mehrwert ist unverkennbar und beruht nicht nur auf den 3840 x 2160 Pixeln, sondern beinhaltet weitere Features wie HDR, HFR, einen erweiterten Farbraum mit größerer Farbtiefe und den besseren Audio-Eigenschaften. Vor allem diese Merkmale sind bei Konsumenten bis jetzt noch weitestgehend unbekannt. Hier liegt der springende Punkt. Die Verkaufszahlen der Blu-Ray Disc im Vergleich zur DVD haben deutlich gezeigt, dass deutschen Käufern von Multimediatatenträgern der Auflösungsvorsprung nicht so wichtig ist. Ohne die neuen Spezifikationen hätte sich die Ultra HD Blu-Ray also womöglich sehr schlecht vermarkten lassen. Die Zahlen belegen, dass die BD bis heute nicht angekommen ist. Neben dem mangelnden Mehrwert und dem Formatkrieg mit der HD DVD spielen die immer kürzer werdenden Einführungsperioden der physischen Medien eine Rolle. Die VHS war insgesamt 20 Jahre am Markt, bevor sie abgelöst wurde. Die DVD existierte 11 Jahre ehe die Blu-Ray eingeführt wurde. Diese wiederum hatte seit 2007 bis zur Ultra HD-Einführung 2016 nur 9 Jahre Zeit um sich zu etablieren.

Ein weiterer Aspekt ist das Aufkommen von Video-on-Demand. In den USA konkurriert VoD bereits mit dem linearen TV. In Deutschland ist VoD spätestens mit dem Markteintritt von Netflix 2014 endgültig angekommen und befindet sich auf einem aufsteigenden Ast. Das fortschrittliche Handling und die Verknüpfung mit dem TV und weiteren Endgeräten machen Video-on-Demand zum Film- bzw. Serien-Vertriebsweg der Zukunft. Die positiven Umsatzzahlen belegen das große Potential des Online-Streaming. Momentan mangelt es noch an einer flächendeckenden Breitbandverbindung, um die ho-

hen UHD-Datenraten zu stemmen. Mit dem fortschreitenden VDSL- und Glasfaserausbau könnten VoD-Dienste ihre Inhalte jedoch bald mit noch höheren Datenraten streamen lassen und die Bildqualität deutlich verbessern. Bis dahin wird die Ultra HD Blu-Ray ihren -wenn auch kleinen- Platz finden und die Ansprüche der High-End-Nutzer bzw. Cineasten erfüllen. Geschäftsmodelle wie die "Digital Bridge" können mit der richtigen Herangehensweise und unterstützenden Produktionsfirmen an Bord noch einmal dafür sorgen, dass der physische Datenträger Aufwind bekommt und die schnelle Ablösung durch VoD abwendet. Inwieweit ein ausgereiftes System der digitalen Brücke die UHD Blu-Ray positiv beeinflussen würde ist schwer abzuschätzen. Denn Video-on-Demand profitiert vor allem durch das Geschäftsmodell des Abonnements (SVoD). Dadurch wird der Preis pro Film/Serie enorm niedrig gehalten, was infolge des komplizierten Produktionsverfahrens und der notwendigen Hardware zur Wiedergabe bei der Ultra HD Blu-Ray nicht der Fall sein dürfte. Der Preis wird mit entscheiden inwieweit die neue Scheibe Fuß fassen kann. Bei der Einführung der Blu-Ray lagen die Preise um die 30 Euro pro Film. Die Ultra HD Blu-Ray wird sich wie die 3D Blu-Ray sicherlich daran orientieren. Dazu kommt noch die Anschaffung des UHD-Players. Ein Netflix-Abonnement mit UHD-Zugriff liegt momentan bei 11,99 Euro im Monat. Auch wenn das Angebot von 4K-Inhalten noch rar ist, so zeigt dieser Preisvergleich wie schwer es für die UHD-Disc sein wird in diesem Konkurrenzkampf mitzuhalten. Die Daseinsberechtigung ist aufgrund der vielen Neuerungen im Vergleich zur Blu-Ray gegeben. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Scheibe ein Nischenprodukt für Heimkinoliebhaber bleibt, ist trotzdem hoch. Mit einem 50 Mbit/s schnellen VDSL-Anschluss ist Video-on-Demand bereit für die ultrahochauflösenden Bilder. Es ist also nur eine Frage der angebotenen 4K-Inhalte und Breitbandausbaus. Dann kann VoD in Sachen HDR und HFR mitziehen und endgültig den Thron im Video Home Markt übernehmen.

Literaturverzeichnis

Bücher

Brückner, Claudia: Bildet Video-on-Demand die Zukunft von Film und Fernsehen? Eine Untersuchung des deutschen und amerikanischen Marktes. Mittweida, 2013

Heinitz, Erik: Das neue Apple TV im Vergleich mit im deutschen Video-on-Demand-Markt bereits etablierten Unternehmen. Mittweida, 2011

Müller, Valentin: Speicherung hochauflösender Medieninhalte am Beispiel "Blu-Ray Disc" und "HD DVD" in Bezug auf Entstehung der Formate bis hin zum Ziel einer einheitlichen Norm. Mittweida, 2008

Nooke, Antonia Sophie: Video on MY Demand - Orientierungshilfen zur Nutzung von Video-on-Demand-Angeboten. Babelsberg, 2015

Raabe, Benjamin: Komponenten eines UHD TV Systems im Heimbereich. Norderstedt, 2015

Rügheimer, Hannes: Der Angriff aus dem Wohnzimmer - Home-Cinema als Konkurrent und als Wegbereiter des digitalen Kinos In: Slansky, Peter C. (Hg.): Digitaler Film - digitales Kino. Konstanz, 2004

Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik. 3., erweiterte Aufl. Hamburg, 2010

Siegel, Melanie: Die Nachfolger der DVD - Blu-Ray, HD DVD, VMD, EVD, FVD mit Schwerpunkt Blu-Ray Disc. Mittweida, 2008

Storch, Oliver: 1080/24p HDTV als Pre-Masteringformat - Ein neuer Weg bei der Verwertung von Kinofilmen auf DVD? Mittweida, 2014

Strutz, Tilo: Bilddatenkompression - Grundlagen, Codierung, Wavelets, JPEG, MPEG, H.264. 3. Aufl. Wiesbaden, 2005

Südrum, Maik: Das High Definition-Formatchaos. Mittweida, 2011

Taylor, Jim: DVD Demystified - Third Edition. 3. Aufl. USA, 2006

Wortmann, Matthias: 4K und mehr - Die Zukunft des hochauflösenden digitalen Kinos am Beispiel des RED Dragon Sensors. Hamburg, 2014

Zenk, Peter: Entwurf und Technologie zur Herstellung von Digital Versatile Disc's (DVD), Mittweida, 2000

Zylla, Tom: Digitale 4K Aufnahmetechnik am Beispiel der Canon C500. Mittweida, 2013

White Papers/Studien/Glossar

Blu-ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format - 1.C Physical Format Specifications for BD-ROM, 9th Edition, Burbank CA, 2015

Blu-Ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Read-Only Format (Ultra HD Blu-ray™) - Audio Visual Application Format Specifications for BD-ROM, 3th Edition, Burbank CA, 2015

Blu-ray Disc Association: White Paper Blu-ray Disc™ Format - General, 4th Edition, Burbank CA, 2015

Bundeszentrale für politische Bildung: Tele-Visionen - Fernsehgeschichte Deutschlands in Ost und West, o.J. u. O.

Deutsche TV-Plattform: White Book Beyond HD, Frankfurt/Main, 2013

Extron White Paper: Hitting the moving target of 4K, 2015

GfK: Der Videomarkt im Jahr 2014, 2015

GfK.com: Ergebnisse zum Unterhaltungselektronikmarkt in Westeuropa - erstes Halbjahr 2014, 09/2014

House of Research: Der VoD-Markt Deutschland - Fakten und Einschätzungen zur Entwicklung von Video-on-Demand, Berlin, 2013

Imaging Development Systems: White Paper High Dynamic Range Imaging - Bilder und Sensoren Grundlagen Funktionsweise und Anwendung. Obersulm, 2009

Lipinski, Klaus: ITWissen - Glossar HDTV/UHDTV, Dietersburg, 2013

Magix: Workshop - Kleine Schule des Encodierens, o. J. u. O.

NHK Science & Technical Research Laboratories: 22.2 Multichannel Sound System for Ultra High-Definition TV, Tokio, 2007, S. 1

NPA Conseil: Video- on-Demand in Europa, Straßburg, 2007

Ohm, Jens-Rainer: Comparison of the Coding Efficiency of Video Coding Standards - Including High Efficiency Video Coding (HEVC), o. O., 2012

Zeitschriften

Graf, Stefan: Fünf Streaming-Anbieter im Direkt-Vergleich. In: Streaming Magazin im Blu-Ray Magazin, Ausg. 7/2015

Trozinski, Christian: High Dynamic Range: Die Zukunft der Bilddarstellung. In: Blu-ray Magazin, Ausg. 6/2015

Trozinski, Christian: Der steinige Weg zur Ultra HD Blu-Ray. In: : Blu-ray Magazin, Ausg. 6/2015

Internetquellen

4KBlu-Ray: Player und Abspielgeräte für die 4K Blu-ray, <http://www.4kbluray.de/player/>, Abruf: 03.01.2016

Amazon: Hilfe- und Kundencenter - Über Amazon Prime, <https://www.amazon.de/gp/help/customer/display.html?nodeId=201061460>, Abruf: 20.12.2015

Blu-Ray Disc Association: Blu-Ray Disc Format, <http://blu-raydisc.com/en/Technical/FAQs/Blu-rayDiscFormat.aspx>, Abruf: 21.11.2015

Blu-Ray Disc Online Lexikon: <http://www.bluray-disc.de/lexikon/ultraviolet-digital-copy>, Abruf: 03.01.2016

Digitalfernsehen: Panasonic: Der UHD-Blu-Ray-Player ist da, <http://www.digitalfernsehen.de/Panasonic-Der-UHD-Blu-ray-Player-ist-da.135554.0.html>, Abruf: 06.01.2016

Dutyfarm: Steigendes Wachstum bei VOD Umsätzen, <https://www.dutyfarm.com/de/infos/video-on-demand/>, Abruf: 04.01.2016

Ernst, Nico: HDMI 2.0a unterstützt HDR für realistischere Bilder, In: heise.de, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/HDMI-2-0a-unterstuetzt-HDR-fuer-realistischere-Bilder-2599274.html>, Abruf: 04.01.2016

Fuest, Benedikt: Was Amazon den Hollywoodstudios voraus hat. In: Die Welt, <http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article146679342/Was-Amazon-den-Hollywoodstudios-voraus-hat.html>, Abruf: 20.12.2015

Google Support: <https://support.google.com/youtube/answer/71673?hl=de>, Abruf: 19.12.2015

Otter, Reinhard: Filme streamen in Ultra HD. In: PC Magazin, <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/4k-stream-ultra-hd-filme-streamen-2164572.html>, Abruf: 19.12.2015

Otter, Reinhard: UHD-Streaming: Angebote im Check. In: PC Magazin, <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/uhd-streaming-angebote-netflix-amazon-instant-video-vergleich-3011835.html>, Abruf: 22.12.2015

Otter, Reinhard: So funktioniert das Digital-Copy-System Ultraviolet. In: PC Magazin, <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/ultraviolet-so-gehts-digitale-filmkopie-1896934.html>, Abruf: 03.01.2016

Kuhlmann, Ulrike: 4K über Satellit: Linkin Park aus Berlin live ins Wohnzimmer In: heise online, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/4K-ueber-Satellit-Linkin-Park-aus-Berlin-live-ins-Wohnzimmer-2460739.html>, Abruf: 01.12.2015

Netflix: www.netflix.com, Abruf: 15.12.2015

PC Magazin: 4K-Festplatte von Samsung kommt Ende Juni, <http://www.pc-magazin.de/news/4k-festplatte-samsung-uhd-video-pack-2314294.html>, Abruf: 02.01.2016

Sauter, Marc: Youtube startet fordernde 60-fps-Videos in scharfem 4K. In: golem.de, <http://www.golem.de/news/2160p60-youtube-startet-fordernde-60-fps-videos-in-scharfem-4k-1503-113216.html>, Abruf: 21.12.2015

Scheufens, Martin: Optische Datenspeicher: Was wurde aus der DVD? In: Spiegel Online, <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/dvd-das-digitale-speichermedium-wird-20-a-1051997.html>, Abruf: 29.10.2015

Serck, Karsten: Hollywood-Studios einigen sich auf Ultra HD Blu-ray-Verpackung. In: Area DVD, <http://www.areadvd.de/news/hollywood-studios-einigen-sich-auf-ultra-hd-blu-ray-verpackung/>, Abruf: 15.11.2015

Sky: Ultra HD – Die Zukunft des Fernsehens In: Sky, <http://www.sky.de/ultra-hd-16852>, Abruf: 14.11.2015

Sokolow, Andrej: 30 Jahre Musik-CD: Vom Goldesel zum Auslaufmodell In: Spiegel Online, <http://www.spiegel.de/netzwelt/gadgets/30-jahre-musik-cd-vom-goldesel-zum-auslaufmodell-a-757347.html>, Abruf: 03.11.2015

Sonypicturesstore Support: <http://redeem.sonypicturesstore.com/DE/help.html>, Abruf: 03.01.2016

Straßburg, Volker: Was der Codec H.265 besser macht. In: PC Magazin, <http://www.pc-magazin.de/ratgeber/was-der-codec-h-265-besser-macht-1534883.html>, Abruf: 22.11.2015

Trozinski, Christian: Echtes 4K auf Blu-Ray? In: Digitalfernsehen, <http://www.digitalfernsehen.de/Echtes-4K-auf-Blu-ray.110874.0.html>, Abruf: 25.10.2015

Wiggenbröker, Claudia: VoD holt TV in den USA ein. In: boerse.ARD.de, <http://boerse.ard.de/anlagestrategie/branchen/vod-holt-tv-in-den-usa-ein100.html>, Abruf: 30.10.2015

Wollschläger, Katrin: Bestätigt: Sky-UHD-Box "Sky Q" kommt 2016 In: Digitalfernsehen, <http://www.digitalfernsehen.de/Bestaetigt-Sky-UHD-Box-Sky-Q-kommt-2016.134074.0.html>, Abruf: 20.11.2015

Wollschläger, Katrin: ARD und ZDF: Vorerst keine Ausstrahlung in UHD In: Digitalfernsehen, <http://www.digitalfernsehen.de/ARD-und-ZDF-Vorerst-keine-Ausstrahlung-in-UHD.133477.0.html>, Abruf: 20.11.2015

Presseinformationen

Bitkom: Markt für Online-Videotheken wächst rasant In: bitkom, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Markt-fuer-Online-Videotheken-waechst-rasant.html>, Abruf: 14.12.2015

Blu-Ray Disc Association: Blu-ray Disc Association Completes Ultra HD Blu-ray™ Specification and Releases New Logo - Format Licensing on Schedule to Commence Summer 2015 In: Businesswire, <http://www.businesswire.com/news/home/20150512005300/en/Blu-ray-Disc-Association-Completes-Ultra-HD-Blu-ray>, Abruf: 02.11.2015

Business Wire: UHD Alliance Defines Premium Home Entertainment Experience, <http://www.businesswire.com/news/home/20160104006605/en/UHD-Alliance-Defines-Premium-Home-Entertainment-Experience>, Abruf: 04.01.2016

Goldmedia: VoD-Nutzung Deutschland In: Goldmedia,
<http://www.goldmedia.com/newsletter/presseverteiler/pressemeldung-24022015-vod-nutzung-deutschland.html>, Abruf: 02.12.2015

Pilgram, Ingrid: Bildschirmdiagonale und Internetfähigkeit entscheidend beim TV-Kauf
In: ZVEI Die Elektroindustrie,
<http://www.zvei.org/Presse/Presseinformationen/Seiten/Bildschirmdiagonale-und-Internetfaehigkeit-entscheidend-beim-TV-Kauf.aspx>, Abruf: 29.10.2015

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname